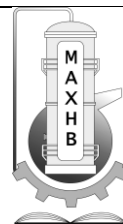




Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»

Інженерно-хімічний факультет



**Збірник тез доповідей XXIV всеукраїнської  
науково-практичної конференції студентів,  
аспірантів і молодих вчених**

**”ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ  
ВИРОБНИЦТВ  
І ПІДПРИЄМСТВ БУДІВЕЛЬНИХ  
МАТЕРІАЛІВ”**

22-23 квітня  
Київ 2019

УДК 66

ББК 35.11-5я43

О 16

Збірник тез доповідей XXIV всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв підприємств будівельних матеріалів" (22-23 квітня 2019 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 105 с

**Збірник тез доповідей XXIV всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених**

## **"ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ І ПІДПРИЄМСТВ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ"**

Голова оргкомітету: д.т.н., професор, зав. кафедри МАХНВ  
Корнієнко Ярослав Микитович

Члени оргкомітету:  
НТУУ «КПІ»

к.т.н., професор Марчевський Віктор Миколайович

к.т.н., доц. Андреев Ігор Анатолійович

к.т.н., доц. Швед Микола Петрович

к.т.н., доц. Зубрій Олег Григорович

к.т.н., доц. Степанюк Андрій Романович

ІТТФ НАН України

д.т.н., професор Снежкін Юрій Федорович

Інститут Газу НАН України

к.т.н., доц. Ільєнко Борис Кузьмич

Редактор к.т.н., доц. Степанюк Андрій Романович

Комп'ютерна верстка: Улітько Р.М.

Рекомендовано до друку  
Кафедрою машин та апаратів  
хімічних  
і нафтопереробних виробництв  
Протокол № 12  
від 17 квітня 2019 р.

## **СЕКЦІЯ 1**

### **«ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ І НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ»**

УДК 628.5.66

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННОГО АПАРАТУ  
ГЕНЕРАЦІЇ ПАРИ З U-ПОДІБНИМИ ТРУБАМИ**

студент Бараш Р.В., ст. викл., к.т.н. Двойнос Я.Г.

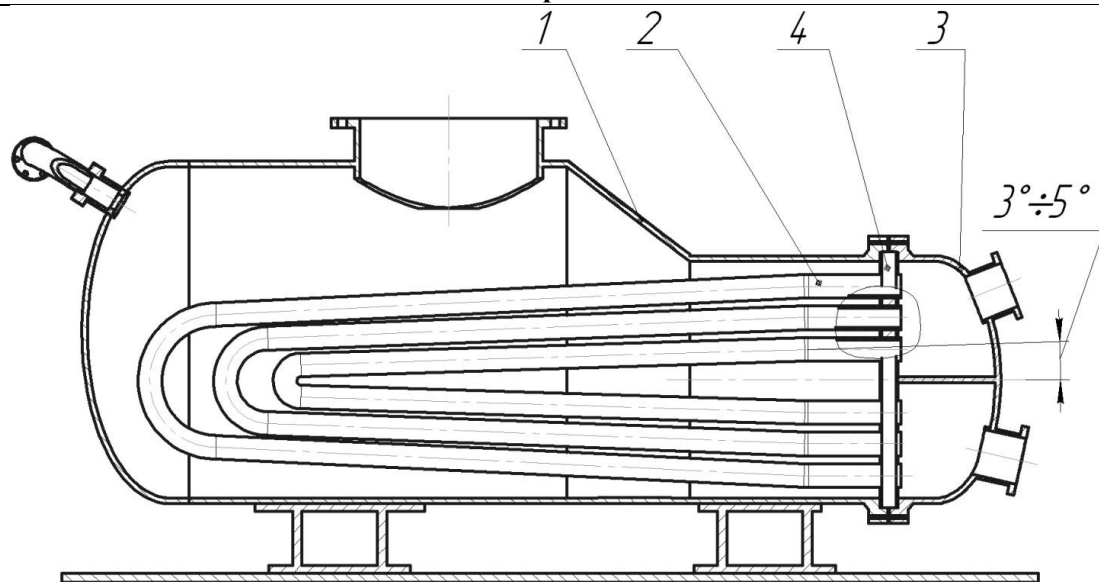
**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Сучасні продукти медицини та косметології потребують хімічно чистого синтетичного гліцерину, та його похідних. Основний відсоток приросту виробництва синтетичного гліцерину припадає на виготовлення гліцерину з пропілену. Збільшення попиту на гліцерин виготовленого з пропілену хлорним методом є цілком обґрунтованим явищем, так як цей метод має найкращі техніко-економічні показники серед відомих технологічних методів. Враховуючи це, дослідження, модернізація та реконструкція виробництв синтетичного гліцерину з нафтохімічної сировини з метою покращення техніко-економічних показників залишається актуальною темою.

В технологічному процесі виробництва гліцерину за хлорним методом найбільші витрати теплової енергії пов'язані з ректифікацією, а саме – процесом пароутворення у виносних кип'ятильниках, тому модернізація конструкції виносного кип'ятильника ректифікаційної колони актуально.

Схему модернізованої конструкції теплообмінного апарату парогенератора кубового залишку ректифікаційної колони розділення суміші води з гліцеином зображено на рисунку 1, конструкція містить U – подібні труби, які виконано під кутом  $3\div 5$  градусів до вісі апарату.

Парогенератор працює у такий спосіб. Гріюча пара потрапляє через патрубков до кришки, розділеної перегородкою, з якої – до труб. Проходячи по трубах, які мають U – подібну форму, та виконані зігнутими під кутом до вісі апарату  $3\div 5$  градусів пара конденсується і стікає до кришки, у нижню її частину, відокремлену від частини кришки з паром перегородкою.



1 – корпус апарата; 2 – трубчастий елемент встановлений у трубну решітку; 3 – кришка апарата; 4 – трубна решітка

Рисунок 1 – Модернізована схема теплообмінного апарату генерації пари з U – подібними трубами

Такий спосіб виконання трубного пучка дозволяє утворювати постійний кут нахилу для стікання конденсату в теплообмінних трубах що забезпечує зменшення товщини шару конденсату на внутрішній поверхні труб, за рахунок чого зменшується термічний опір плівки конденсату і відповідно інтенсифікується процес теплопередачі.

Висновок: для перевірки доцільності використання такого апарату необхідно провести додаткові розрахунки, а саме - ефективності процесу теплопередачі в залежності від кута нахилу теплообмінних труб.

#### Перелік посилань:

1. Патент України №99530 (UA) МПК F28F 1/00, Трубчастий елемент парогенератора. Заяв. u201413824 от 23.12.2014, опубл. 10.06.2015, бюл. № 11.
2. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. Под ред. Ю.И. Дытнерского, 2–е изд., перераб. и дополн. М.: Химия, 1991. – 496 с.

УДК 628.5.66.002.08

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМІННИКА ДЛЯ ОТРИМАННЯ БЕНЗИНУ**

студент Гавриленко Є.В., к.т.н., ст. викладач Сачок Р.В.

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Однією з важливих народногосподарських проблем є підвищення паливної економічності бензину, що дозволить збільшити коефіцієнт корисної дії двигунів внутрішнього згорання і подовжити термін їх використання, відповідно знизивши металоємність двигуна, збільшивши його потужність й подовживши експлуатаційний термін роботи автомобіля. Вдосконалення процесів отримання бензину у нафтопереробній промисловості дозволить ефективніше використовувати ресурси нафти. [1]

Для охолодження отриманого бензину в установці ЕЛОУ-АВТ дворазового випаровування нафти використовується кожухотрубний теплообмінник, який характеризується стійкістю до гідроударів, зниженими вимогами до чистоти середовищ, відносно високим коефіцієнтом теплопередачі і, як наслідок, малими габаритами та технологічними площами, необхідними для обслуговування, а також невеликою ціною через порівняно низьку металоємність. [2]

Метою модернізації теплообмінника є збільшення енергоефективності процесу отримання бензину шляхом підвищенні ефективності тепловіддачі. Поставлена задача вирішується встановленням у корпус кожухотрубного теплообмінника теплообмінних труб зі змінним поздовжнім профілем, в яких розміщують спеціальні вставки.

Кожухотрубний теплообмінник містить розподільну камеру 2 з кришкою 1, з'єднану з кожухом 3, теплообмінні труби з перемінним поздовжнім профілем 4, у якому розміщені спеціальні вставки 11, рисунок 1, 2, перегородки 5 із сегментними вирізами, штуцера 6 для міжтрубного простору, штуцера 7 для

трубного простору і кришку кожуха 8, всередині якої розміщена кришка плаваючої головки 9. Розподільна камера 2 розділена перегородкою 10.

Незакріплена на кожусі 3 друга трубна решітка разом з внутрішньою кришкою 9, що відокремлює трубний простір від міжтрубного, утворює плаваючу головку. Запропонована конструкція виключає температурні напруги в кожусі 3 і трубах 4. [3]

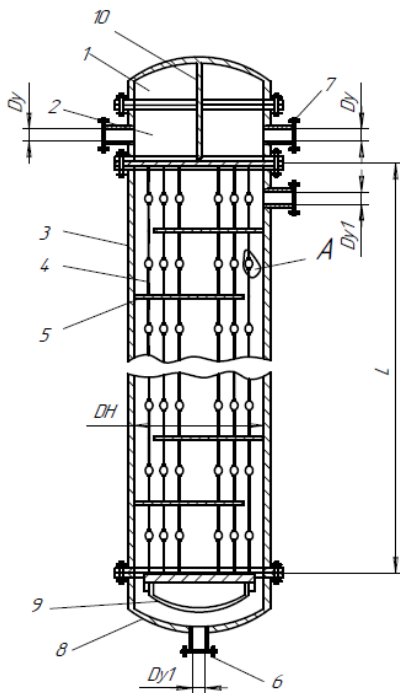


Рисунок 1 – Загальний вигляд кожухотрубного теплообмінника

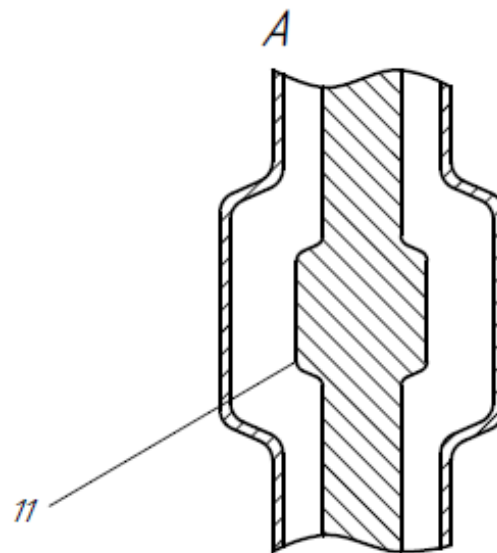


Рисунок 2 – Розріз зі спеціальними вставками

Результатом вдосконалення є підвищення, коефіцієнту тепловіддачі та відповідне зменшення площі, що використовується. Також отримано можливість регулювання за конденсатом, що дозволяє підвищити енергоефективність процесу.

#### Перелік посилань:

1. <http://techtrend.com.ua/index.php?newsid=22194>
2. Справочник нефтепереработчика: Справочник / Под ред. Г.А. Ластовкина, Е.Д. Радченко и М.Г. Рудина. – Л.: Химия, 1986 – 648 с., ил.
3. Заявка на патент №U201901033 МПК (2016). Кожухотрубный теплообмінник /заявники Сачок Р.В., Гавриленко В.В.; заявл.01.02.19.

УДК 66.081.5

## ДЕСОРБЕР - РЕГЕНЕРАТОР СОРБЕНТУ В СХЕМІ ОЧИСТКИ СИНТЕЗ-ГАЗУ

студент Євзютін П. Ю., ст. викл. Двойнос Я. Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського"

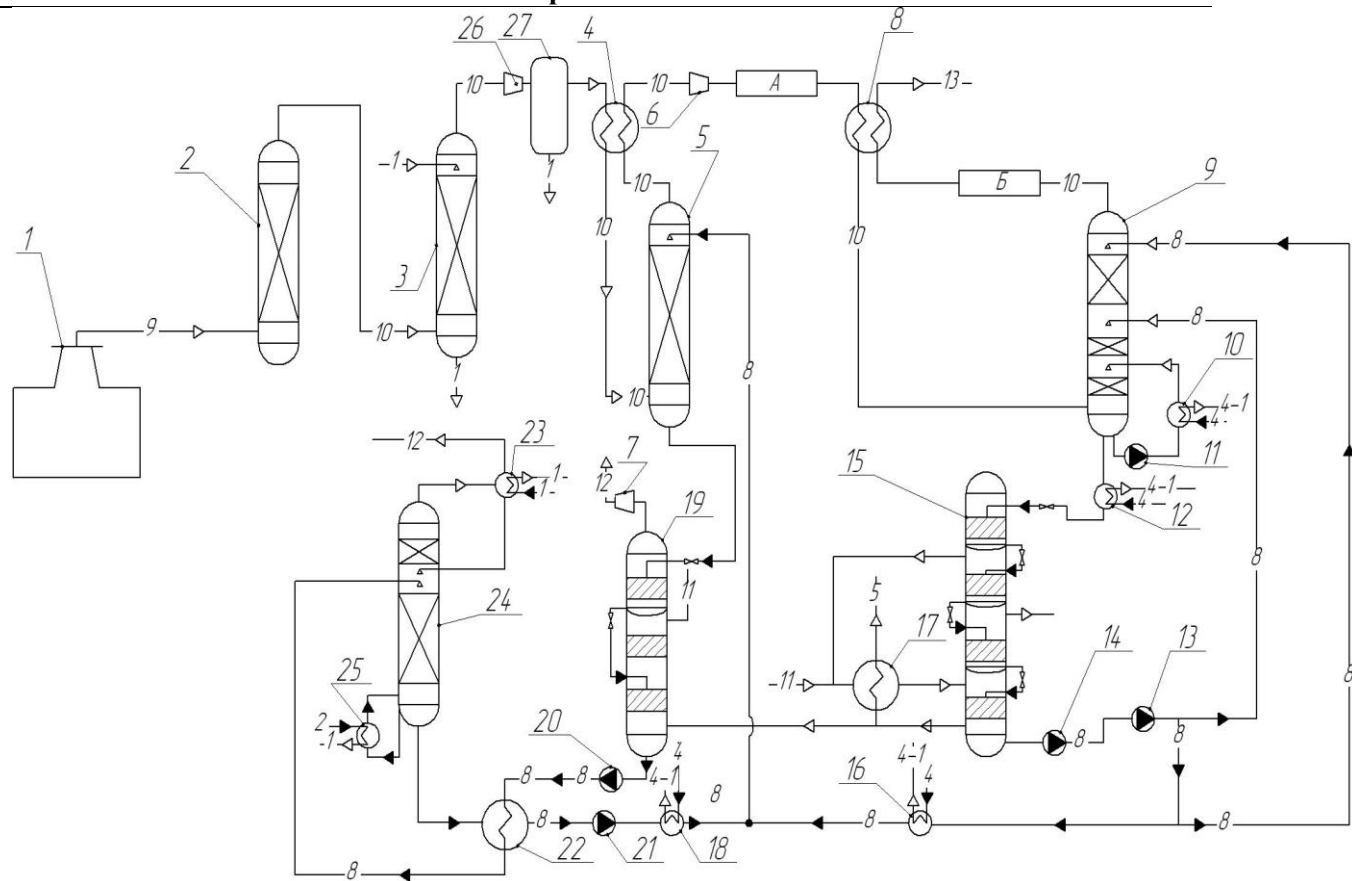
Синтез-газ, отриманий газифікацією вугілля [1] - більш забруднений, ніж продукти конверсії природного газу, тому його очищують за схемою, що наведено на рисунку 1, [2]. В процесі очистки синтез газу від домішок використовують метанол.

До вилучених домішок входять: азот ( $N_2$ ), сірководень ( $H_2S$ ) та інші сполуки. Ці речовини є сировиною для інших виробництв, азот використовується в синтезі аміаку.

Найбільш поширеним методом очистки технологічних газів для синтезу аміаку є фізична абсорбція, а найбільш поширеним абсорбентом – метанол. Метанол отруйна та горюча рідина, яка може спричинити тяжкі наслідки для здоров'я людини після контакту з нею. Метанол – дешевий, але складна в роботі речовина. Після транспортування ємності потрібно промити подвійним об'ємом води, утилізація метанолу потребує ліцензії та нагляду відповідальної особи з екологічної безпеки. Для регенерації сорбенту використовується двостадійна схема десорбції, в апараті десорбції 19 тиск зменшується з 3,0 МПа до 0,2 МПа, та сорбент продувається азотом. В апараті десорбції 24 температура сорбенту збільшується до стану кипіння за рахунок контакту з водяною парою. Регенерація метанолу дозволяє зменшити контакт працівників з ним та значно скоротити викиди у навколишнє середовище.

Апарат першої ступені десорбції призначений для початкової очистки сорбенту від домішок шляхом фізичної десорбції при зменшенні тиску. В другій ступені очистки метанол повністю регенерує за рахунок закипання, нагріваючись від водяної пари в виносному кип'ятильнику регенератора. Після повної регенерації метанол конденсується та знову подається в контур.





1-Піч, 2- Реактор синтез – газу, 3- Водяний скруббер, 4, 8, 17- Газові теплообмінники, 5- Абсорбер очистки сірки, 6, 7, 26- Компресор, 9- Абсорбер вуглекислого газу, 10, 12, 18 – аміачний випарник, 11,13,14,20,21- насос, 15- Десорбер вуглекислого газу, 16,22- Теплообмінник,19- Десорбер очистки сірки. 23- Конденсатор,24- Регенератор, 25- Кип'ятильник, 27 - ресивер А- Конверсія СО, Б- Промивка рідким азотом.

Рисунок 1 – Технологічна схема очистки синтез газу.

Висновок: модернізація першого апарату регенерації сорбенту дільниці очистки синтез-газу дозволить зменшити енерговитрати на другому апараті очистки, тому сама модернізація має практичне значення, а для її обґрунтування необхідно провести попередні розрахунки варіантів модернізації.

#### Перелік посилань:

1. Справочник азотчика / [Жаворонков Н.М. (1987)] // Под ред. Жаворонкова Н.М., «Химия», 1987. – 230 с.
2. Справочник азотчика: Физико-химические свойства газов и жидкостей. Производство технологических газов. – 2-е изд., перераб., М.: Химия, 1986 г. – 512 с., ил.

УДК 66.081.5

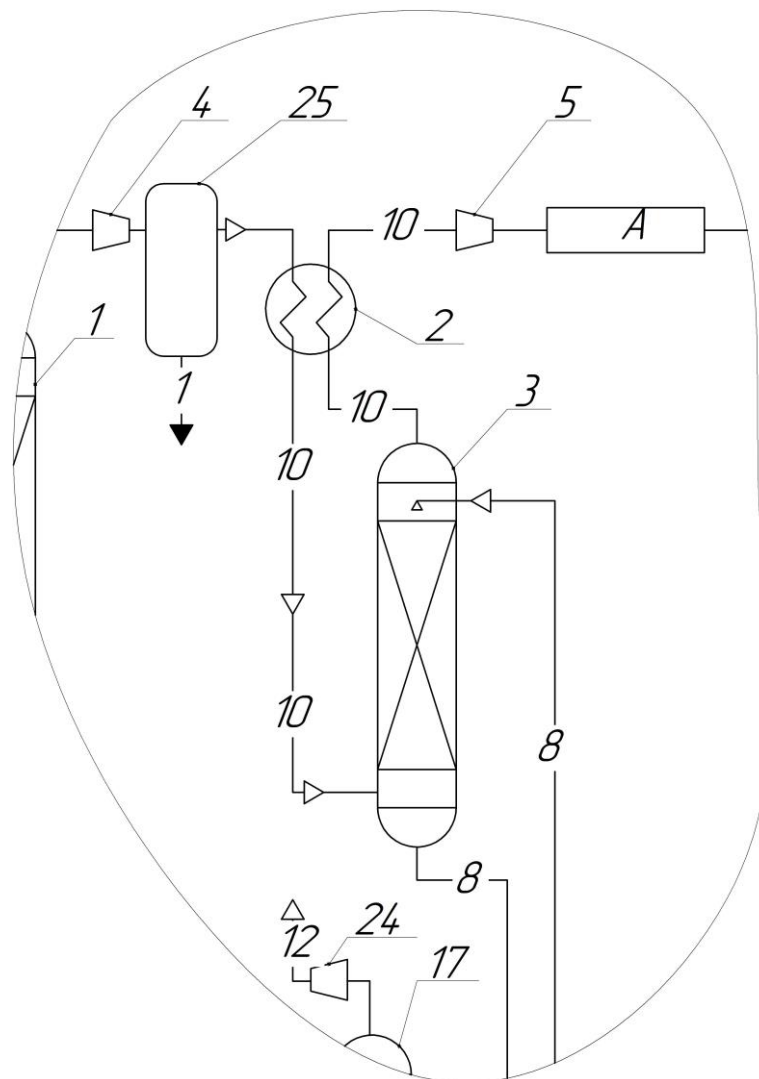
## АБСОРБЕР - В СХЕМІ ОЧИСТКИ СИНТЕЗ-ГАЗУ

студент Італьянцев О. І., ст. викл. Двойнос Я. Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського"

Отриманий, шляхом газифікацією вугілля, синтез-газ [1] - більш забруднений, ніж продукти конверсії природного газу, тому він потребує додаткової очистки. В промисловості застосовують схему двоступінчастої очистки газу метанолом, фрагмент якої наведений на рисунку 1 [2].



1 – водяний скруббер; 2 – газовий теплообмінник; 3 – абсорбер очистки сірки; 4, 5, 24 – компресор; 17 – десорбер очистки сірки; 25 – ресивер; А – Конверсія CO.

Рисунок 1 – Технологічна схема очистки синтез газу

Фізична абсорбція - найпоширеніший метод очистки технологічних газів для синтезу аміаку. Найпоширеніший абсорбент - метанол. Абсорбція метанолом - вигідний метод, його можна використовувати при температурі до  $-60^{\circ}\text{C}$ , при якій різко підвищується поглинальна здатність метанолу. Так, при  $-60^{\circ}\text{C}$  і тиску близько  $0,4\text{ МПа}$  в  $1\text{ грам}$  метанолу може розчинитися до  $600\text{ см}^3$  діоксиду вуглецю. Діоксид вуглецю з розчину в метанолі виділяють зниженням тиску і підвищенням температури.

Після очистки від пилу газ стискають до  $3\text{ МПа}$ , промивають водою від  $\text{HCN}$  в водяному скрубєрі 1, охолоджують. і направляють в абсорбер очистки сірки 3. Також, в нього подають метанол при  $-38^{\circ}\text{C}$ , що містить  $\text{CO}_2$ , щоб уникнути великого градієнту температур. Газ після очищення (залишковий вміст сірчанних сполук не більше  $1 \times 10^{-6}\text{ г}^3/\text{л}^3$ ) стискають до  $5\text{ МПа}$  и піддають конверсії.

Розчинник з абсорбера очищення сірки 3 може бути регеновано зниженням тиску, продувкою або шляхом підведення теплоти. Найбільш енергоефективним є спосіб декомпресії, з наступною десорбцією при нагріві та частковому випаровуванні.

Більша частина  $\text{CO}_2$  видаляється з розчинника при продувці азотом. Газ, що відходить з десорбера очищення сірки 17 додатково промивають метанолом до вмісту сірчанних сполук  $(2 \div 5) \cdot 10^{-6}\text{ г}^3/\text{л}^3$ .

Висновок: модернізація абсорбера очистки сірки дозволить покращити очистку синтез газу, зменшити енерговитрати, тому сама модернізація має практичне значення, а для її обґрунтування необхідно провести попередні розрахунки варіантів модернізації.

#### **Перелік посилань:**

1. Справочник азотчика / [Жаворонков Н.М. (1987)] // Под ред. Жаворонкова Н.М., «Химия», 1987. – 230 с.
2. Справочник азотчика: Физико-химические свойства газов и жидкостей. Производство технологических газов. – 2-е изд., перераб., М.: Химия, 1986 г. – 512 с., ил.

УДК66.048.3

## НАСАДКОВИЙ МАСООБМІННИЙ АПАРАТ

студент Камінський В. С., к.т.н., ст. викл. Гулієнко С.В.

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Ацетон широко застосовується у промисловості в якості розчинника, а також у виробництві штучного хутра, бездимного порошу та шовку. Для отримання ацетону використовується насадковий масообмінний апарат, який призначений для розділення двокомпонентної рідкої суміші ізопропанолу та етанової кислоти.

Метою модернізації є збільшення питомої поверхні насадки.

Поставлена мета вирішується тим, що в насадковому масообмінному апараті, що містить корпус, розподільувач рідини, штуцер для відведення рідини, штуцер для введення і відведення газу, заповнений насадкою, що складається з вертикально підвішених ланцюгів розміщених концентрично, який відрізняється тим що, ланцюги з'єднані між собою поперечним ланками та розміщені в апараті концентрично при чому апарат містить ланцюги з'єднані між собою поперечним ланками та розміщені в апараті концентрично.

Насадковий масообмінний апарат працює наступним чином. У верхню частину апарату на ланцюгу через штуцер і розподільний пристрій 2 подається насичений газом рідкий абсорбент. Рідина стікає плівкою зверху вниз по ланках ланцюгів 5. Можливе утворення натягнутої плівки рідини всередині ланки ланцюга. Така плівка з двох сторін стикається з потоком газу, що призводить до збільшення поверхні масообміну. Газ, що виділився піднімається від низу до верху по криволінійних каналах між ланцюгами. Поперечний переріз каналів по висоті змінюється, і тому в місцях звужень потоку формуються підвищені швидкості газу і, як наслідок, в таких областях формується знижений тиск. В результаті це призводить до руху ланок ланцюга, що намагаються рухатись в

область зниженого тиску. При взаємодії на поверхні насадки потоків газу і рідини відбувається масоперенос компонента з рідкої фази в газову фазу. Газ, що виділився відводиться через штуцер в верхній частині апарату. Очищений абсорбент відводиться через штуцер в нижній частині апарату.

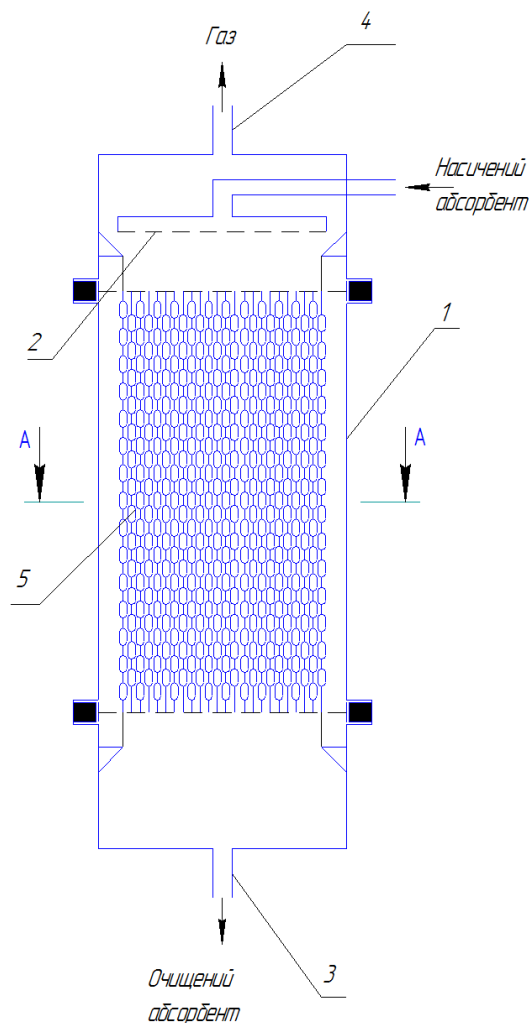


Рисунок 1 – Схема насадкового масообмінного апарату

Таке виконання дозволяє збільшити питому поверхню насадки, що збільшить ефективність протікання процесу.

#### Перелік посилань:

1. Кутепов А. М., Бондарева Т. І., Беренгартен М. Г. "Общая химическая технология", Москва "Высшая школа" 1990 р., с. 452.

2. Заява на патент України. МПК В01J 19/32 Насадковий масообмінний апарат / Камінський В. С., Гулієнко С. В.; заявник і патентовласник вони ж. – № u201809718; заявл. 28.09.2018

УДК 66.045

## **КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛООБМІННИК З ТЕПЛОІЗОЛЬОВАНИМ ТРУБНИМ ПРОСТОРОМ**

студент Коваль В. О., к.т.н., доц. Андреев І. А.

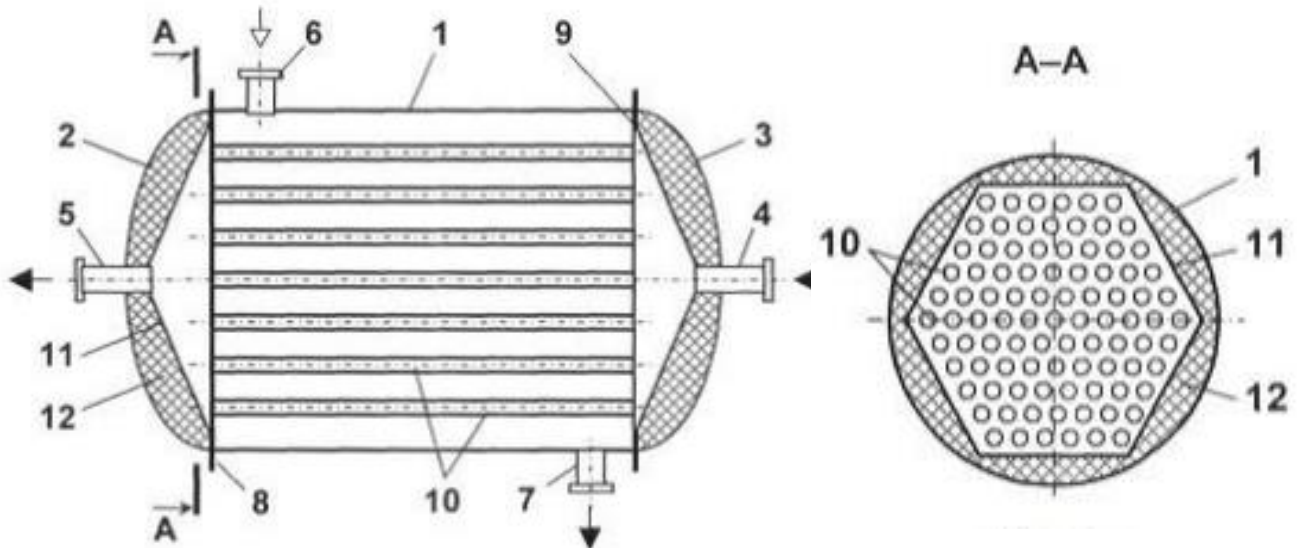
**Національний технічний університет України**

**"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"**

Недоліком типового кожухотрубного теплообмінника є необхідність теплоізолювати його трубний простір у разі руху в ньому теплоносія з високою або низькою температурою. Це ускладнює конструкцію та збільшує габарити кожухотрубного теплообмінника.

Для забезпечення теплоізолювання міжтрубного простору кожухотрубного теплообмінника без істотного ускладнення конструкції та збільшення габаритів теплообмінника авторами було запропоновано в просторі між трубною решіткою й відповідною опуклою кришкою розташувати внутрішню обичайку, виконану у вигляді правильної зрізаної шестигранної піраміди, при цьому простір між еліптичною кришкою та внутрішньою обичайкою заповнити теплоізоляційним матеріалом (див. рисунок) [1].

Розроблена конструкція апарата забезпечує ефективне теплоізолювання трубного простору теплообмінника без істотного ускладнення конструкції (не потрібно улаштування спеціальних пристроїв для кріплення теплоізоляції на зовнішній поверхні однієї або обох опуклих кришок) та збільшення габаритів теплообмінника. При цьому як теплоізоляційний матеріал можна застосувати, наприклад, пінополістирол, який характеризується ліофобністю й закритими порами, що унеможлиблює його просочення теплоносієм.



1 – корпус, 2, 3 – опуклі кришки, 4–7 – штуцери, 8–9 – трубні решітки,  
10 – теплообмінна труба, 11 – внутрішня обичайка, 12 – теплоізоляційний  
матеріал

Рисунок – Кожухотрубний теплообмінник

Кожухотрубний теплообмінник працює в такий спосіб.

Під час роботи теплообмінника теплоносії надходять у штуцери 4 і 6, а видаляються з теплообмінника крізь штуцери 5 і 7 (див. рис). При цьому теплообмін між теплоносіями відбувається крізь стінки теплообмінних труб 10.

Пропоноване технічне рішення забезпечує ефективне теплоізолювання трубного простору теплообмінника і, відповідно, підвищує енергоефективність теплообмінника.

#### Перелік посилань:

1. Пат. 128852 U Україна МПК (2018.01) F28D 7/00. Кожухотрубний теплообмінник / Андреев І. А., Мікульонок І. О., Коваль В. О.; заявник і патентовласник вони ж. – № у 201804092; заявл. 16.04.2018; опубл. 10.10.2018, Бюл. № 19.

УДК 66.045

## ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ЕТИЛОВОГО СПИРТУ

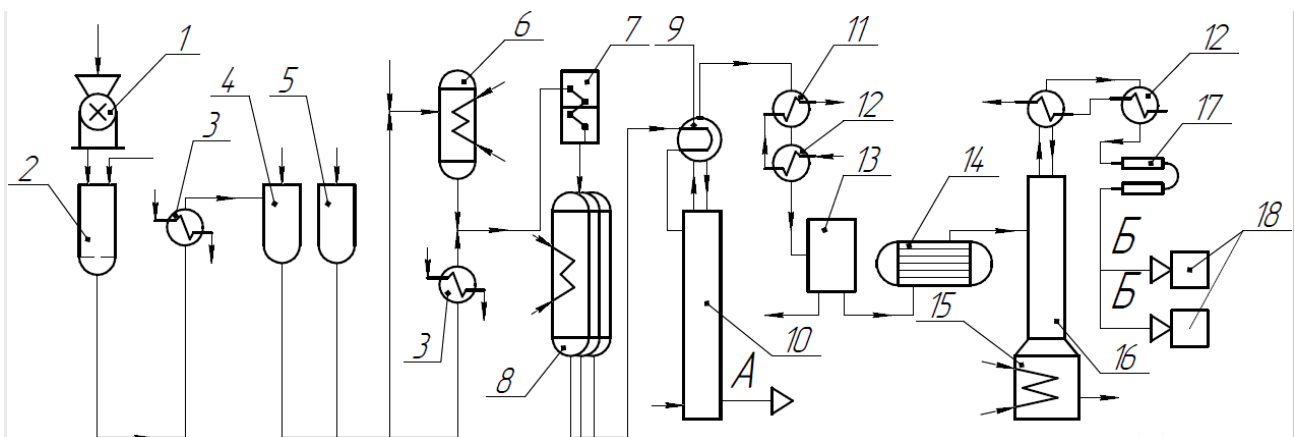
студентка Крамар О. В., студент Яцюк І. О., к.т.н., доц. Андреев І.А.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Етиловий спирт знайшов широке застосування в якості палива для ракетних двигунів і двигунів внутрішнього згорання, використовується в медицині, хімічній, парфумерній і харчовій промисловості. Світове виробництво етанолу неупинно зростає, тому удосконалення процесу його виробництва є актуальним.

На рисунку подана типова схема виробництва етилового спирту.



1 – млин, 2 – змішувач, 3 – насос, 4 – апарат варильний, 5 – парогенератор, 6 – оцукорувач, 7 – холодильник суслу, 8 – апарат бродильний, 9 – підігрівач бражки, 10 – колонка бражна, 11 – дефлегматор, 12 – конденсатор, 13 – збірник спирту-сирцю, 14 – підігрівач, 15 – куб, 16 – колона спиртова, 17 – охолоджувач спирту, 18 – збірник спирту

Рисунок – Технологічна схема виробництва етилового спирту

Авторами було запропоновано модернізацію конденсатора 12 і охолоджувача спирту 17.

Для забезпечення вчасного видалення утвореної на зовнішній поверхні



труб кожухотрубного конденсатора 12 плівки конденсату було запропоновано на ділянці між трубними решітками кожна з теплообмінних труб у її нижній частині обладнати вертикальною поздовжньою планкою. У найприйнятніших прикладах виконання конденсатора поздовжню планку виконують з поперечними надрізами або зубчастою [1].

Така конструкція апарата забезпечує безперешкодне стікання утвореної на зовнішній поверхні труб плівки конденсату та подальше її вчасне видалення, що інтенсифікує процес конденсації. Виконання же поздовжньої планки з поперечними надрізами або зубчастою в разі незначного нахилу конденсатора відносно горизонталі також сприяє вчасному розриву потоку конденсату та його видаленню з теплообмінних труб.

Запропоноване нове конструктивне виконання охолоджувача спирту типу «труба в трубі» 17 забезпечує рух теплоносія у внутрішніх трубах по спіралі. Для цього внутрішні труби з'єднуються між собою за допомогою тангенційних патрубків з фланцями. У найприйнятнішому прикладі виконання теплообмінника тангенційні патрубки зовнішніх і внутрішніх труб розташовують з протилежних боків зазначених труб. В результаті підвищується інтенсивність процесу теплопередачі, а отже й ефективність теплообмінника в цілому [2].

#### **Перелік посилань:**

1. Пат. 130664 U Україна МПК (2006.01) F28B 9/08, F28D 7/00, F28F 1/00. Горизонтальний конденсатор / Андреев І. А., Мікульонок І. О., Яцюк І. О.; заявник і патентовласник вони ж. – № u201804230; заявл. 17.04.2018; опубл. 26.12.2018, Бюл. № 24.

2. . Пат. 129657 U Україна МПК (2006.01) F28D 7/10. Теплообмінник «Труба в трубі» / Андреев І. А., Мікульонок І. О., Крамар О. В.; заявник і патентовласник вони ж. – № u201804094; заявл. 16.04.2018; опубл. 12.11.2018, Бюл. № 21.

УДК 665.6/7

## КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛОБМІННИК З ПЛАВАЮЧОЮ ГОЛОВКОЮ

студент Кузнецова А. Д., к.т.н., ст. викл. Гулієнко С. В.

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

В сучасних умовах розвитку промисловості збільшується потреба у виробництві синтетичних речовин, а саме, дивініл, що є складовим компонентом синтетичного канчука, і, в свою чергу, викликає необхідність впровадження нових та ефективних технологій виробництва.

Для виробництва синтетичних каучуків застосовують з'єднання з сполученої системою подвійних зв'язків: дивініл (бутадієн-1,3), ізопрен, хлоропрен і з одним подвійним зв'язком: ізобутилен, стирол, альфа метилстирола, нітрил акрилової кислоти і ін. Більшість з цих з'єднань утворюється дегідруванням відповідних вуглеводнів, що містяться в промислових нафтових газах, газовому бензині, в деяких фракціях переробки нафти, а також синтетично (наприклад, етилбензол і ізопропілбензол). Отримання дивінілу здійснюється контактним розкладанням етилового спирту, а також дегідруванням бутану і бутиленів в одну або дві стадії

Одним із складових технологічної схеми виробництва каучуку є кожухотрубний теплообмінник з плаваючою головкою, що містить кожух з прикріпленим до нього на фланцях торцевими кришками, і розміщений всередині кожуха трубний пучок, поміщений в циліндричну обичайку, в міжтрубному просторі якого вставлено кільцеві та дискові перегородки і дискову перегородку з циліндричним фрагментом.

Недоліком даної конструкції є розміщення вхідного штуцера в зоні дії крайових навантажень, що зменшує міцність корпусу.

Для укріплення міцності апарату було запропоновано розташувати вхідний і вихідний штуцери за межами зони дії крайових навантажень. Також для підвищення ефективності роботи теплообмінника удосконалено

конструкцію шляхом встановлення в міжтрубний простір кільцевих та дискових перегородок та дискову перегородку з циліндричним фрагментом.

Запропонований кожухотрубний теплообмінник з плаваючою головкою (рисунок 1) працює наступним чином: в штуцер 3 подають середовище, яке далі проходить в трубний простір, розвертається в плаваючій головці 7, повертається назад і виходить із штуцера 14. Середовище надходить в штуцер 4, проходить між зовнішньої стінкою перегородки, яка складаються з циліндричного і двох дискових фрагментів 12, оминає дискові перегородки 5 та кільцеву перегородку 6 та повторюється декілька разів, в залежності від кількості встановлених перегородок в теплообмінному апараті. В кінці середовище виводиться через штуцер 10.

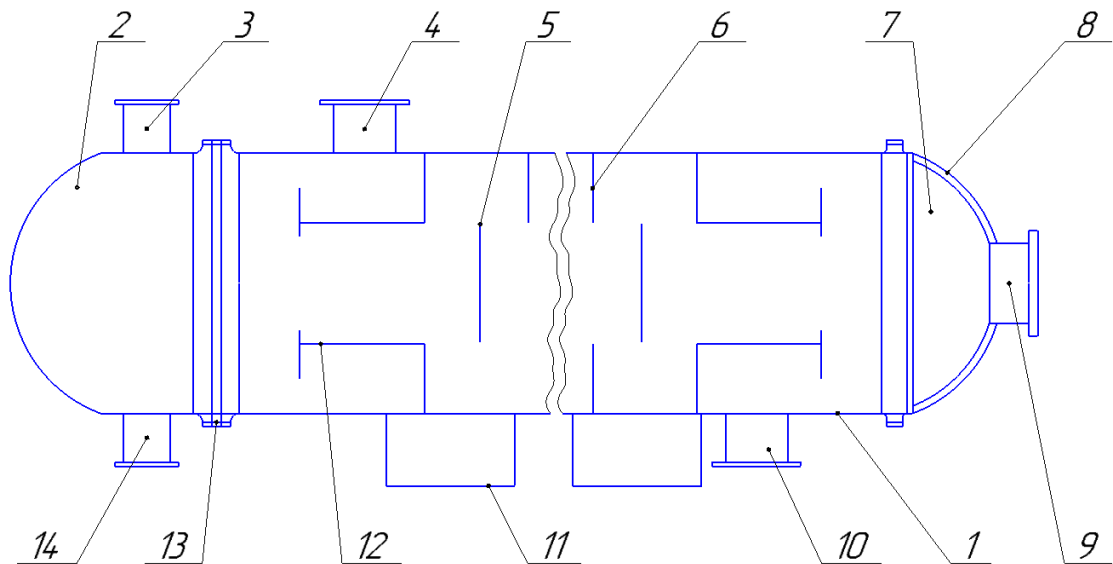


Рисунок 1 – Схема кожухотрубного теплообмінника

Така конструкція забезпечує міцність апарата, оскільки штуцери в міжтрубному просторі знаходяться за межею дії крайових навантажень і також підвищить ефективність теплообміну в апараті

#### Перелік посилань:

1. Мухленов И. П. Общая химическая технология т.2., Высшая школа, 1977, с. 195.

2. Заявка на патент України. МПК (2018.09). Кожухотрубний теплообмінник з плаваючою головкою. Кузнецова А. Д., Гулієнко С. В.; заявники і патентовласники вони ж. № u201809717; заявл. 28.09.2018.

УДК 664.3

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТУНельНОЇ КОВПАЧКОВОЇ ТАРІЛКИ МАСООБМІННОГО АПАРАТУ**

студент Рудницький Б.А., ст.викл., к.т.н. Двойнос Я.Г.

**Національний технічний університет України**

**"Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського"**

Сучасним та ефективним контактним пристроєм масообмінного колонного апарату є тунельна ковпачкова тарілка, наприклад конструкція фірми «Уніфлюкс», США [1, стор. 503].

Відомі ковпачкові тунельні тарілки широко використовуються у нафтопереробній та хімічній промисловості. Ці тарілки збираються з S подібних елементів, які утворюють канали для рідини та пари. Така конструкція тарілки досить ефективна в експлуатації, але складна у виготовленні, монтажі та ремонті через необхідність встановлення для герметизації кінцевих та проміжних пластин у S подібні елементи з метою запобігання вільному виходу пари з торців елементів.

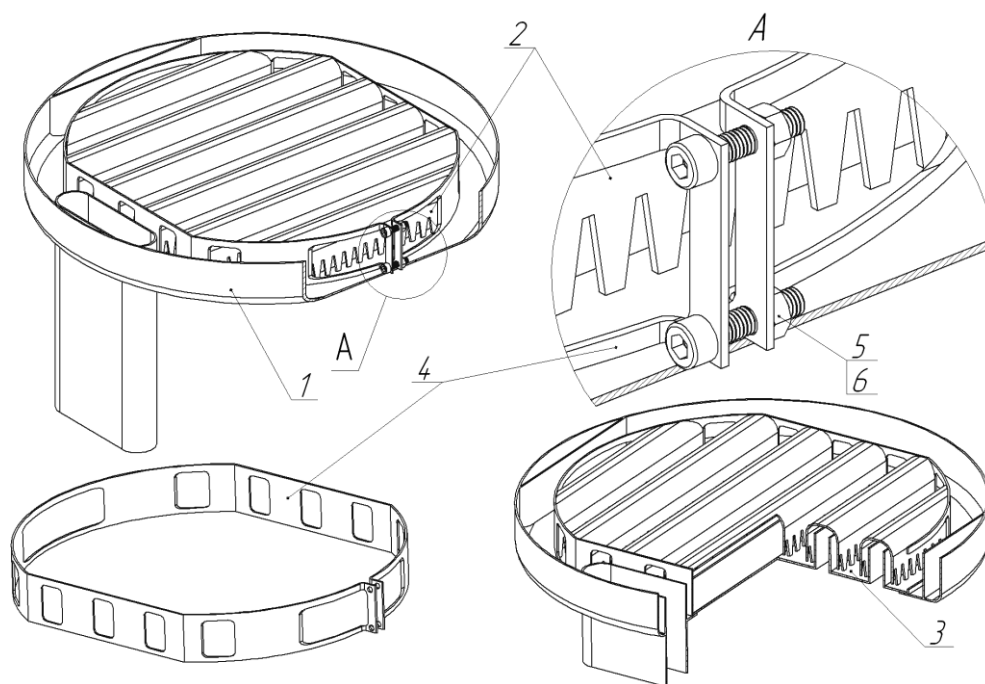
Відома модернізація конструкції тарілки масообмінного апарату з S – подібними ковпачками [2], суть якої полягає у герметизації поздовжніх елементів з торців для запобігання виходу пари. Ця конструкція тарілки дозволяє спростити герметизацію поздовжніх каналів для газів з торців, але кожен елемент вимагає індивідуального виготовлення, і монтажу.

Для ректифікації етиленгліколю запропоновано вдосконалити тунельну ковпачкову тарілку масообмінного апарату з метою більш повного використання площі тарілки, та спрощення її конструкції. Поставлена задача вирішується тим, що в конструкції тунельної ковпачкової тарілки масообмінного апарату, рисунок 1, що містить корпус з переливним пристроєм та поздовжні елементи, кінцеві пластини замінено на хомут, який має отвори для перетоку рідини і натягується болтовим з'єднанням.

Використання тунельної ковпачкової тарілки масообмінного апарату з даними відмітними ознаками забезпечує покращену торцеву герметизацію каналів руху пари, та дозволяє виконати поздовжні елементи різної довжини, що збільшує робочу поверхню тарілки.

Тунельна ковпачкова тарілка масообмінного апарату працює у такий

спосіб. Рідина з верхньої тарілки потрапляє в тунельну ковпачкову тарілку масообмінного апарату, та рухається у каналах, що утворюються повздовжніми елементами для барботажу рідини 2 до переливного пристрою. Пара з нижньої сторони тунельної ковпачкової тарілки масообмінного апарату потрапляє у канали, що утворюються повздовжніми елементами для підводу пари 3, та проходить через рідину у вигляді бульбок через щілини на повздовжніх елементах для барботажу рідини 2. Хомут запобігає виходу пари з торців.



1 – корпус з переливним пристроєм; 2 – повздовжні елементи для барботажу рідини; 3 – повздовжні елементи для підводу пари; 4 – хомут; 5 – болти; 6 – гайки

Рисунок 1 – Тунельна ковпачкові тарілка масообмінного апарату.

Пропонована конструкція тунельної ковпачкової тарілки масообмінного апарату нескладна у виготовленні та експлуатації, дозволяє більш повно використовувати площу тарілки, та спрощує її конструкцію.

#### Джерела інформації:

1. Рейхсфельд В.О., Еркова Л.Н. Оборудование производств основного органического синтеза и синтетических каучуков. Л.: Химия, 1965. – 624 с.
2. Патент РФ №2246336 (RU) МПК В01D 3/20, 3/22 Тарелка для контакта газов с жидкостями. Заяв. RU2002124587/15А от 16.02.2001, опубл. 20.02.2005, бюл. №5.

УДК 66.021.3

## ТАРІЛКА МАСООБМІННОГО АПАРАТА

студент Стеблецький І.М., к.т.н., доц. Андреев І.А.

Національний технічний університет України

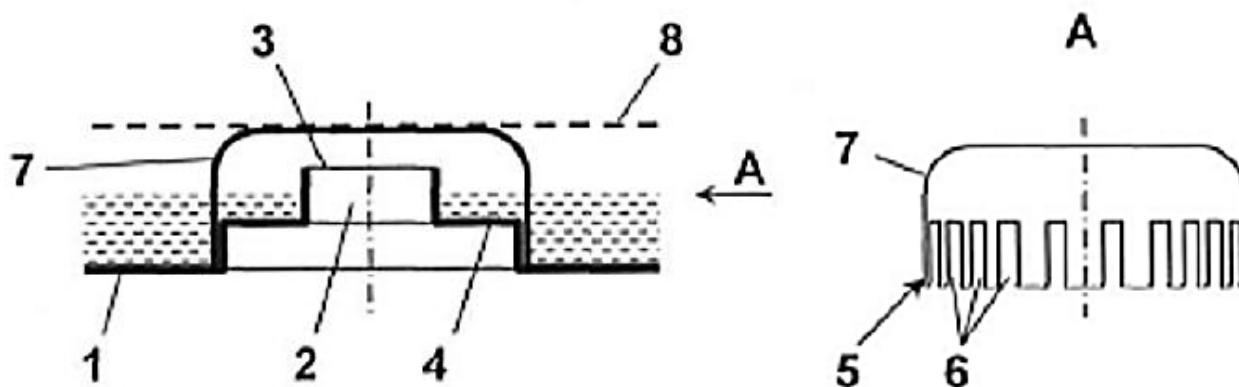
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Одним з найбільш ефективних робочих елементів масообмінних апаратів є ковпачкові тарілки. Недоліком типової ковпачкової тарілки є її складна конструкція. Крім того, монтаж і демонтаж ковпачків на тарілці пов'язаний зі значними труднощами, передусім через можливе пошкодження під час експлуатації пристрою нарізок стрижня і гайок. Також така тарілка не усуває бризкоуловлювання, що погіршує умови масопередачі в апараті.

Більш ефективною є тарілка за патентом України № 123835 U, оскільки вона має простішу конструкцію, ніж аналог, що розглянуто, проте вона також не усуває бризкоуловлювання, що погіршує умови масопередачі в апараті. Крім того, внаслідок фіксації ковпачків на горизонтальному полотні лише за рахунок сил тертя, ця тарілка має невисоку надійність

З метою збільшення ефективності тарілки в цілому авторами було запропоновано над ковпачками встановлювати перфороване горизонтальне полотно (див. рисунок).

В цьому випадку, під час роботи апарата встановлене над ковпачками з можливістю взаємодії з ними перфороване горизонтальне полотно затримує краплі важкої фази, що уносяться потоком легкої фази в напрямку верхньої тарілки, після чого затримані краплі поступово укрупнюються й повертаються в потік важкої фази, що рухається по горизонтальному полотну тарілки. Це істотно поліпшує умови масопередачі в апараті. Також перфороване горизонтальне полотно під час роботи апарата унеможливорює вертикальне переміщення ковпачків відносно горизонтального полотна, що підвищує надійність тарілки та апарата в цілому [1].



1 – горизонтальне полотно, 2 – отвір, 3 – газовий патрубок, 4 – кільцевий виступ, 5 – основа ковпачка, 6 – проріз, 7 – ковпачок, 8 – перфороване горизонтальне полотно

Рисунок – Тарілка масообмінного апарата

Під час роботи масообмінного апарата важка фаза рухається по горизонтальному полотну 1 тарілки, а легка – проходить крізь газові патрубки 3, кільцевий простір між ними й ковпачками 7, їхні вертикальні прорізи та/або щілини 6 і далі – крізь шар важкої фази, що рухається по горизонтальному полотні 1. Встановлене над ковпачками 7 перфороване горизонтальне полотно 8 затримує краплі важкої фази, що уносяться потоком легкої фази в напрямку верхньої тарілки (не показана), після чого затримані краплі поступово укрупнюються й повертаються в потік важкої фази, що рухається по горизонтальному полотну 1 тарілки, що істотно поліпшує умови масопередачі. Одночасно перфороване горизонтальне полотно 8 надійно фіксує всі ковпачки 7 на горизонтальному полотні 1, що підвищує надійність тарілки та апарата в цілому.

#### Перелік посилань:

1. Пат. 130245 У Україна МПК (2006.01) B01D 3/20. Тарілка масообмінного апарата / Андреев І. А., Мікульонок І. О., Коваль В. О.; заявник і патентовласник вони ж. – № u201806989; заявл. 21.06.2018; опубл. 26.11.2018, Бюл. № 22.

УДК 661.525.3

## ВИПАРНИЙ АПАРАТ

студент Терещенко І. Ю., к. т. н., ст. викл. Гулієнко С. В.

**Національний технічний університет України**

**"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"**

Одним із найважливіших видів мінеральних добрив є азотні: аміачна селітра, карбамід, сульфат амонію, водні розчини аміаку та ін. Гранульовану аміачну селітру застосовують у великих масштабах перед посівом і для всіх видів підкормки. Також її використовують для виробництва вибухових речовин, але в значно менших масштабах.

В основу модернізації поставлена задача вдосконалення випарного апарата, в якому нове виконання забезпечило усунення зайвих теплових витрат на обігрів ежектора та спрощення ремонту апарата.

Поставлена задача вирішується тим, що у випарному апараті, що містить сепаратор, грійну камеру з вертикальними трубами, які розміщені в решітках, і з верхньою і нижньою камерами розчину, приєднаними до сепаратора за допомогою штуцера і циркуляційної труби відповідно, патрубок підведення вихідного розчину, розміщений в нижній камері розчину співвісно грійній камері, патрубки виведення конденсату і пари, ежектор, в якому згідно корисної моделі, що пропонується, новим є те, що ежектор винесений за межі грійної камери.

Випарний апарат працює наступним чином. Через патрубок 10 подається вихідний розчин в ежектор 8, в якому створюється розрідження, за рахунок якого з циркуляційної труби всмоктується циркулюючий розчин. Далі розчин надходить до труб 2 грійної камери, де випаровується розчинник. Упарюваний розчин піднімається по трубах в верхню камеру розчину 5 звідки через патрубки 11 і 12 упарений розчин і пара потрапляє до сепаратора 8. З сепаратора 8 через патрубок 13 відводиться вторинна пара, а через штуцер 14 відводиться частина упареного розчину. Інша частина розчину іде на



циркуляцію через циркуляційну трубу 9. Обігрів здійснюється насиченою водяною парою, яка подається через патрубок 15. Конденсат відводиться через патрубок 16. Залишок упареного розчину виходить через патрубок 17.

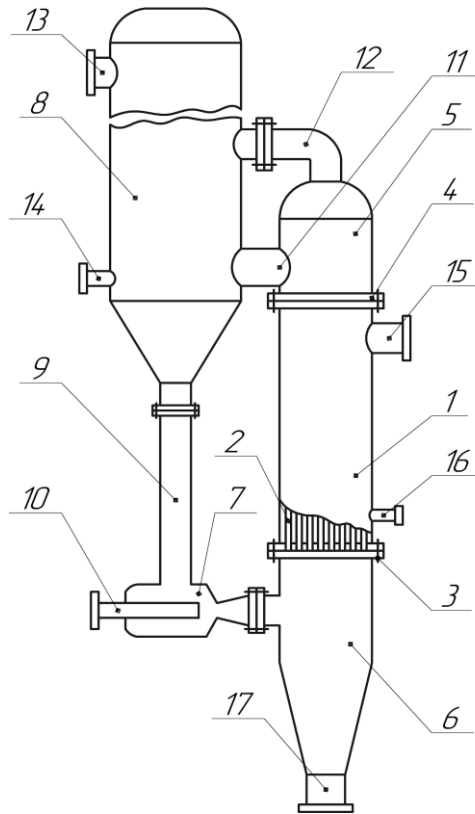


Рисунок 1. – Схема випарного апарата

Таке виконання забезпечує усунення зайвих теплових витрат на обігрів ежектора та спрощення ремонту апарата.

#### Перелік посилань:

1. Кутепов А. М., Бондарева Т. І., Беренгартен М. Г. "Общая химическая технология", Москва "Высшая школа" 1990 р., с. 452.
2. Заява на патент України. Випарний апарат / Терещенко І. Ю., Гулієнко С. В.; заявник і патентовласник вони ж. – № u201809982; заявл. 05.10.2018

УДК 661.721

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМІННИКА У СХЕМІ ОЧИЩЕННЯ МЕТИЛОВОГО СПИРТУ-СИРЦЮ**

студент Шахунов М.О., к. т. н., ст. викл. Гулієнко С. В.

**Національний технічний університет України**

**"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"**

У хімічній та нафтопереробній промисловості метиловий спирт служить селективним розчинником для очищення бензинів від меркаптанів і азеотропним агентом при виділенні толуолу ректифікацію. У суміші з етиленгліколем метиловий спирт застосовується для екстракції толуолу з бензинів. Вміст домішок в спирті-сирці невеликий, проте зважаючи на утворення різних азеотропних сумішей для отримання чистого метилового спирту потрібно багаторазова ректифікація спирту-сирцю в поєднанні з екстракцією.

Охолодження чистого метанолу - важлива частка процесу очищення метилового спирту-сирцю, тому модернізація теплообмінника є актуальною задачею.

Метою модернізації є вдосконалити кожухотрубний теплообмінник, в якому б нове виконання труб забезпечило б підвищення ступеню турбулізації.

Поставлена задача досягається тим, що в кожухотрубному теплообміннику, що містить пучок труб змінного діаметру з почерговими циліндричними ділянками і з'єднувальними конфузорними і дифузорними ділянками, який відрізняється тим, що циліндричні ділянки розташовані ексцентрично.

Ідея пояснюється кресленням. На рисунку 1 представлений загальний вид апарата.

Кожухотрубний теплообмінник складається з кожуха 1, з пучка труб, що містить циліндричні ділянки 2, конфузорні ділянки 3, дифузорні ділянки 4, з колекторів 5, з трубних дошок 6, з штуцерів для введення теплоносія трубного простору 7, для виведення теплоносія трубного простору 8, штуцер для

введення теплоносія міжтрубного простору 9, та виведення теплоносія з міжтрубного простору 10, з лінзового компенсатора 11.

Кожухотрубний теплообмінник працює наступним чином. Теплоносій трубного простору подається через штуцер 7 у колектор 5, після чого теплоносій потрапляє у трубний пучок. У свою чергу, теплоносій міжтрубного простору подається через штуцер 9 у міжтрубний простір. Теплота від первинного теплоносія, що проходить в міжтрубних поздовжніх каналах зі складною просторовою конфігурацією передається через стінки труб до вторинного теплоносія, що проходить всередині трубних каналів. Далі, первинний теплоносій виходить через штуцер 10, а вторинний, у свою чергу, потрапляє у колектор 5, та виходить через штуцер 8.

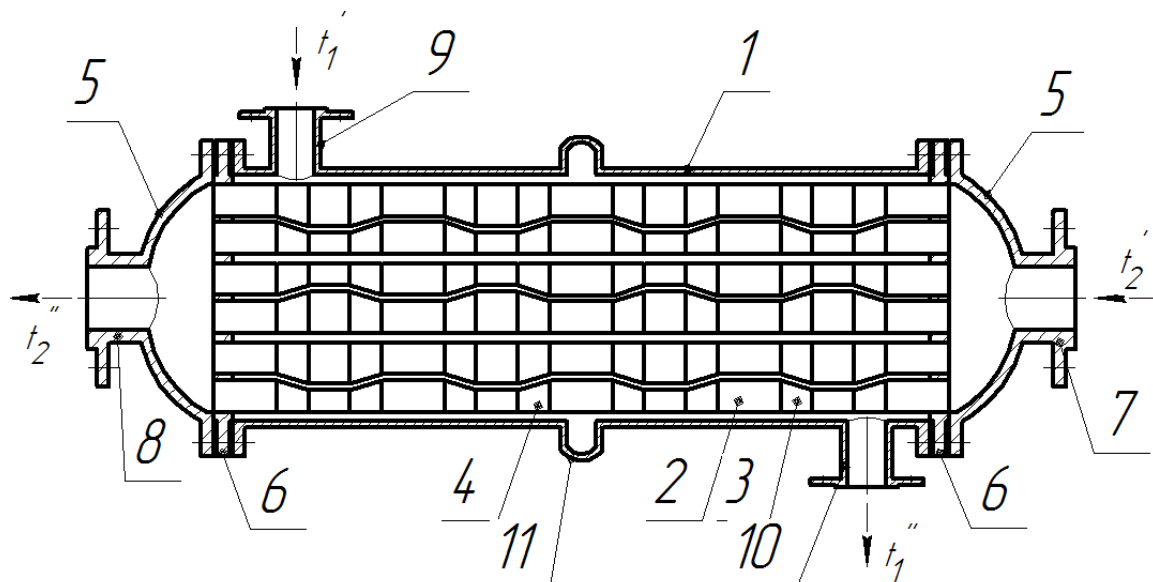


Рисунок 1. – Схема модернізації теплообмінника

Підбиваючи підсумки, можна сказати, що таке виконання дозволяє підвищити ступінь турбулізації.

#### Перелік посилань:

1. Юкельсон И.И. Технология основного органического синтеза. Издательство «Химия», 1968 г., с. 384.

2. Заявка на патент України. Кожухотрубний теплообмінник / Шахунов М.О., Гулієнко С. В.; заявник і патентовласник вони ж. – № u201810308; заявл. 17.10.2018

## ВІДЦЕНТРОВИЙ НАСОС

студенти Кромбет М.О., Печерний Д.В., Литвин О.В., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Незважаючи на стрімкий прогрес у всіх сучасних галузях, є такі речі, які і по сьогоднішній день користуються великим попитом. Таким прикладом є також відцентровий насос. Оскільки і по сьогоднішнім міркам він є потужним, надійним і недорогим пристроєм.

Відцентрові насоси використовуються для перекачування води, нафти і нафтопродуктів. Насоси не дарма повсюдно використовують у різних областях діяльності людей. Своє місце вони також знайшли і в побуті. Наприклад, їх встановлюють в системи опалення в якості циркуляційних установок, використовують для подачі води з свердловин, для відкачування забруднень та нечистот і септиків. Схема насоса зображена на рисунку 1.

1–Всмоктуючий патрубок насоса, 2–напірний патрубок насоса, 3–робоче колесо насоса, 4–вал, 5–напрямок руху рідини в робочій камері насоса, 6–напрямок обертання валу.

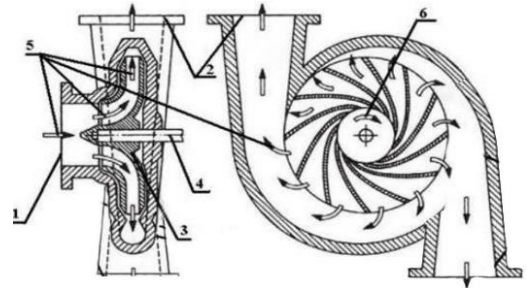


Рисунок 1 – Відцентровий насос.

Для зменшення гідравлічного опору випускного каналу пропонується зробити два випускних отвори.

Висновок: встановлення двох випускних отворів дозволить зменшити гідравлічний опір випускного каналу.

### Перелік посилань:

1. <http://budbud.in.ua/vidtsentrovyyj-nasos-budovu-tehnichni-harakterystyky-remont.html> від 17.03.2019 р.

2. <https://sites.google.com/site/osnoviteplotehnikitagidravliki/rozdil-persij-osnovi-gidravliki-i-nasosi/-3-nasosi/3-4-budova-i-princip-diie-vidcentrovogo-nasosa> від 17.03.2019 р.

## ПОРШНЕВИЙ НАСОС

студенти: Ясеньчук В.В., Самелюк О.В., доц., к.т.н. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

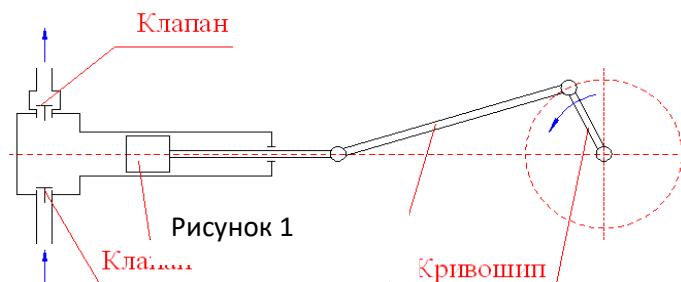
**Насос поршневи́й** — об'ємний насос, робочим органом якого є поршень, що здійснює зворотно-поступальний рух, завдяки якому відбуваються по черзі процеси всмоктування рідини у циліндр та нагнітання її у трубопровід .

Поршневи́й насос можна класифікувати :

- за розташуванням циліндрів — горизонтальні і вертикальні;
- за родом дії — простої дії, подвійної дії, строєні, здвоєні насоси подвійної дії, диференціальні;
- за призначенням — водопровідні, каналізаційні, нафтові, бурові, насоси для перекачування гідросумішей, будівельних розчинів тощо.

Принцип дії. (Рисунок 1)

При піднятті поршня вгору об'єм робочої камери збільшується, а тиск зменшується і становить нижче атмосферного в камері утворюється розрідження.



Переваги та недоліки.

- простоту конструкції, яку демонструють навіть картинки і схематичне зображення подібних пристроїв;
- високу надійність, яка визначається не тільки використанням високоміцних матеріалів для виробництва таких машин, але і принципом дії поршневого насоса;
- можливість роботи з носіями, при використанні яких пред'являються особливі вимоги до умов пуску насосного обладнання.

Основним недоліком розглянутого насосного обладнання, згаданим вище, є його невисока продуктивність

**Перелік посилань:**

1. <https://sites.google.com/site/osnoviteplotehnikitagidravliki/rozdil-persij-osnovi-gidravliki-i-nasosi/-3-nasosi/3-3-budova-i-princip-diie-ob-ernih-nasosiv>
2. <http://uchebniks.com/book/320-tovaroznavstvo-navchalnij-posibnik-osnach-of/20-32-nasosi.html>

УДК 625.095

## ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ ПЕРЕХІДНИХ ДІЛЯНОК МОСТОВИХ СПОРУД

доц. к.т.н. Рубльов А.В.

**Національний транспортний університет**

Проблема виникнення так званих "передмостових ям" що виникають в безпосередній близькості від штучних інженерних споруд завжди актуальна оскільки впливає, як на швидкісний режим руху транспорту, так і на стан інженерних споруд. Ці пошкодження шляхів сполучення викликаються накопиченням залишкових деформацій на прогонових будовах на відміну від шляхів на дорожньому полотні, також в зоні стикування двох конструкцій має місце перепад жорсткості (модуля пружності) шляху.

Ця проблема вирішувалася шляхом створення спеціальних ділянок змінної жорсткості, призначенням яких є спроба згладити перепад жорсткості та деформації шляхів.

Принцип роботи таких ділянок полягає в поступовому збільшенні жорсткості колії по мірі наближення до штучного спорудження. В інженерній практиці реалізовано декілька варіантів конструкцій в зоні сполучення шляху на баласті з безбаластною верхньою будовою шляху:

- застосування плит з різною опорною площею;
- заміна верхньої частини ґрунту підхідного насипу залізобетонними бездонними коробами, заповненими щебенем;
- заміна верхньої частини ґрунту підхідного насипу щебенем, пошарово армованим геосітками;
- замонолічування баластної призми на підході до безбаластного шляху.

УДК:66.021.3

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВІСБРЕКІГУ З РОЗРОБКОЮ АПАРАТУ ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ**

студент Турчанінов Д.О. ст. викл. Гулієнко С. В.

**Національний технічний університет України**

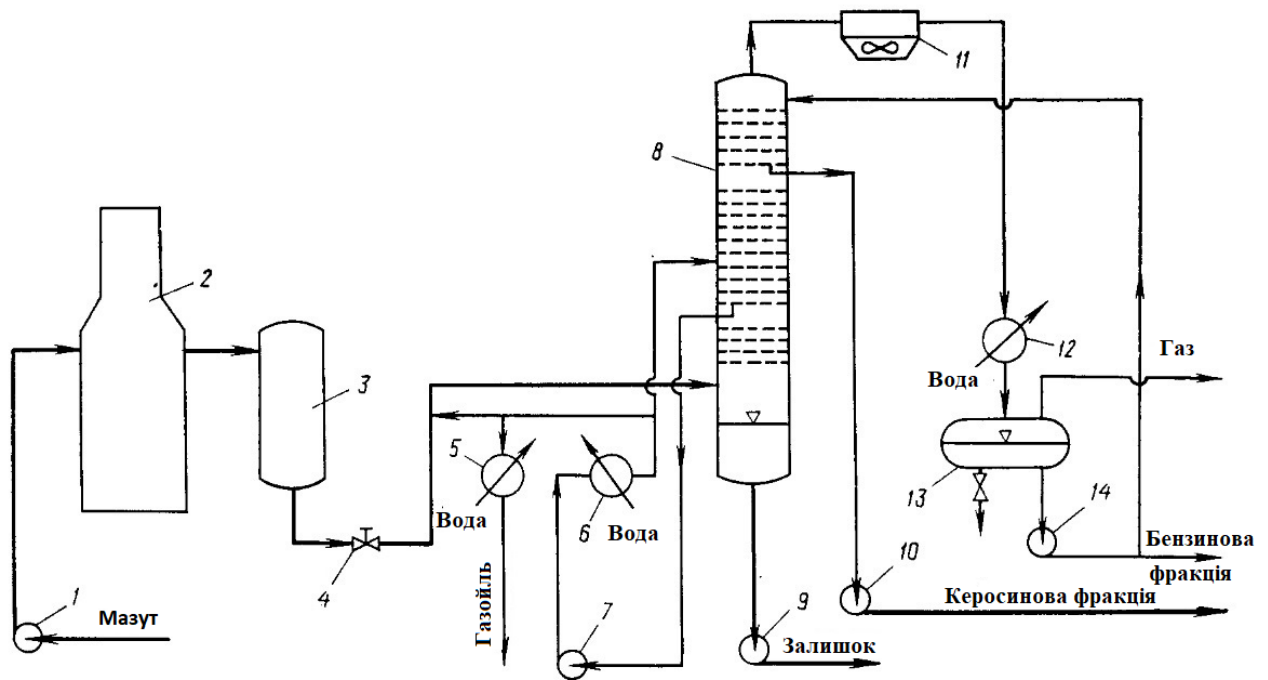
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Мазут М100 – дуже важливий вид нафтового палива, яке використовується у якості котельного палива в енергетиці, хімічній промисловості та інших галузях господарства. Його виготовляють з продуктів прямої перегонки нафти з залученням крекінг залишків, екстрактів, гудронів, напівгудронів, асфальтосмолистих речовин та інших важких продуктів переробки нафти.

Одним з поширених технологічних процесів отримання котельного палива є вісбрекінг (легкий крекінг). Установа вісбрекінгу з вакуумним блоком призначена для зниження в'язкості сировини - гудрону з установок вакуумної перегонки за рахунок процесу термічного крекінгу в м'яких умовах. Зниження в'язкості дозволяє зменшити кількість високоякісних дистилатів, яку необхідно додавати до вісбрекінг-залишку для отримання товарного продукту - мазуту М 100. Сировиною даної установки є гудрон, що отримується на установках вакуумної перегонки із суміші арланської і західносибірської нафти у співвідношенні 50:50.

Технологічна схема вісбрекінг установки з реакційною камерою зображена на рисунку 1.

Важливою складовою технологічної схеми вісбрекінгу є апарат повітряного охолодження. Який призначений для охолодження газойлю, понижуючи його температуру з 108°C до 70°C.



1,7,9,10,14 – насоси; 2- трубчатa піч; 4- редукційний клапан; 5 – холодильник; 6- теплообмінник; 8 – фракційна колона; 11 – апарат повітряного охолодження; 12 – водяний холодильник; 13- сепаратор.

Рисунок 1 – Схема установки вісбрекінгу

Використання апаратів повітряного охолодження дає ряд експлуатаційних переваг, з яких найголовнішими є:

- економія охолоджуючої води і зменшення кількості стічних вод;
- значне зменшення витрат праці на очистку апарата в зв'язку з відсутністю накипу і відкладання солей;

зменшення витрат, пов'язаних з організацією оборотного водопостачання технологічних установок.

Тому модернізація апарату повітряного охолодження є доцільною.

#### Перелік посилань:

1. Справочник нефтепереработчика: Справочник / Под ред. Г.А. Ластовкина, Е.Д. Радченко и М.Г. Рудина. – Л.: Химия, 1986 – 648 с., ил.



**СЕКЦІЯ 2  
«ОБЛАДНАННЯ ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ»**

УДК 676.026.11

## ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ НАПІРНОГО ЯЩИКА КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ

студент Бондарь О.Р., асистент Гробовенко Я.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

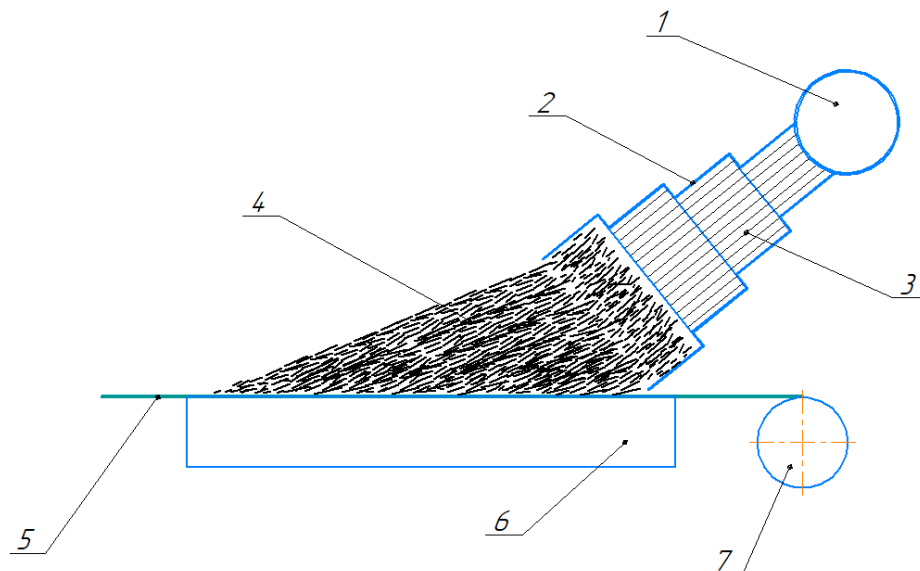
Напірний ящик, або напірний пристрій, призначений для напуску волокнистої суспензії на сукно картоноробної машини. Від ступеня однорідності волокнистої маси та продуктивності напірного ящика залежать якість кінцевого продукту а також загальна продуктивність картоноробної машини.

Сучасні конструкції напірних ящиків мають наступні недоліки:

1) Нерівномірність розподілу волокнистої суспензії по сукну картоноробної машини

2) Неоднорідність волокнистої маси

Для вирішення наведених недоліків представлено конструкцію турбулентного напірного ящика (рисунок 1).



1 – розподільвач, 2 – напускні секції, 3 – направляючі елементи, 4 – волокниста суспензія, 5 – сукно, 6 – відсмоктуючий ящик, 7 – грудний вал.

Рисунок 1 – Схема турбулентного напірного ящика

Турбулентний напірний ящик містить розподільвач 1, який передає волокнисту суспензію на напускні секції 2. Напускні секції виконані у вигляді ступінчатих ємностей, що містять направляючі елементи 3. Кожна наступна ємність має більший об'єм ніж попередня. Волокниста суспензія 4 потрапляє на сукно 5, до якого встановлено відсмоктуючий ящик.

Турбулентний напірний ящик працює наступним чином: волокниста суспензія потрапляючи в першу секцію починає рухатися по направляючим елементам і поступово потрапляє в кожен наступну секцію, що має більший об'єм та під дією власного потоку завихрюється утворюючи турбулентність. Скупчення волокон під дією турбулентності розділяються та ступінь однорідності волокнистої суспензії збільшується. Волокниста суспензія потрапляє на сукно де вода видаляється відсмоктуючим ящиком.

Переваги запропонованої конструкції:

- 1) За рахунок турбулізації потоку волокнистої суспензії збільшується її ступінь однорідності а це в свою чергу покращує якість кінцевого продукту.
- 2) Відносно більша продуктивність картоноробної машини в цілому.
- 3) Елементи конструкції легко піддаються взаємозаміні та подальшій модернізації.

**Перелік посилань:**

1. Напускной ящик бумагоделательной машины: пат. 964045. СССР: МПК D21F 3/00 / Д.А. Алмакаев; заявитель Центральный научно-исследовательский и проектно конструкторский институт по проектированию оборудования для целлюлозно-бумажной промышленности; 07.10.82 Бюл. № 37.
2. Легоцкий С. С., Лаптев Л. Н. Размол бумажной массы.— М.: Лесная промышленность, 1981.— 96 с.

УДК 676.02

## МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЕРШОГО ПРЕСУ КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ

студент Бугаєць Д.В., к.т.н. професор Марчевський В.М.

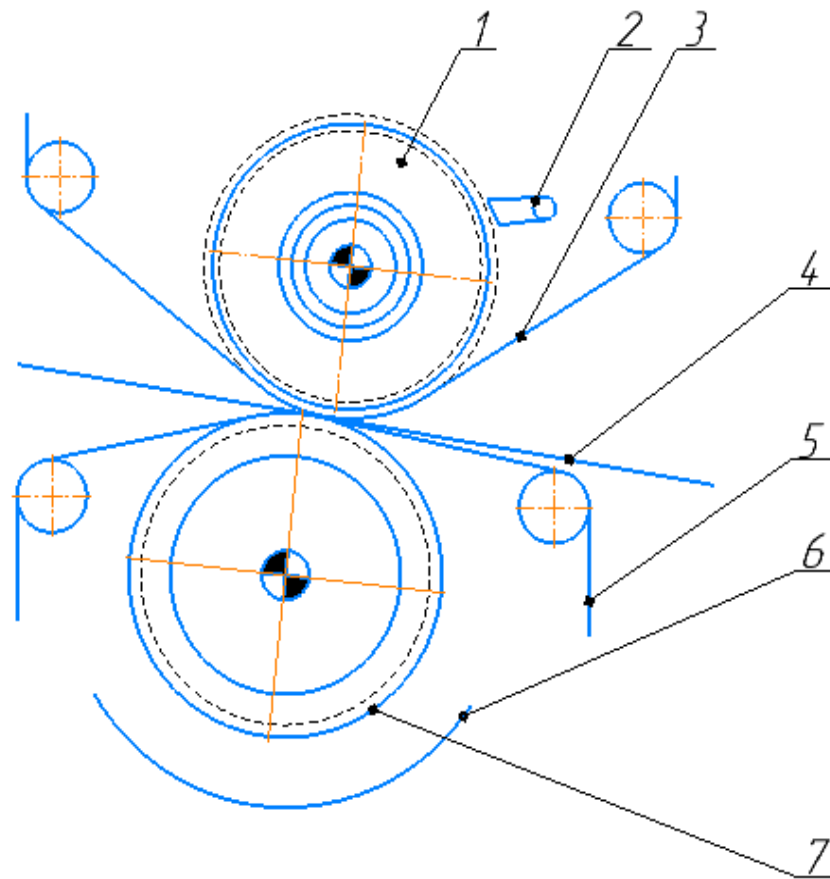
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Прес вальцевий двовальний для пресування полотен із картону, що містить нижній жолобчатий вал, верхній вал з панchoю, з'єднаний важелями з механізмами притискання, шабер та верхнє і нижнє сукно[1]. Недоліки такого пресу в тому, що відпресована вода фільтрується в верхнє сукно і переміщується в сукні до виходу із захвату назустріч руху сукна. Встановлення сітчатої панchoи на поверхню верхнього валу покращить умови фільтрації води в сукні, частково зменшиться гідравлічний опір. Канали сітки не встигають пропустити весь потік води із зони пресування. Для зменшення гідравлічного опору і відповідно, збільшення потоку відпресованої води, на поверхні валу під сітчатою панchoю зроблено глухі отвори, розміщені в шаховому порядку. При роботі пресу значна частина потоку води з захвату преса буде переміщатися в глухі отвори, а решта води переміщатися по каналах сітчатої панchoи на вихід із захвату.

Прес працює наступним чином: картонне полотно проходить між двома сукнами через пресовий захват, який складається з нижнього жолобчатого валу та верхнього валу з сітчатою панchoю і глухими отворами. Кожен вал має власний привід. В захваті картонне полотно стискається і віддає вологу верхньому та нижньому сукнам. Відсмоктуючий шабер встановлений на верхній вал з сітчатою панchoю і глухими отворами видаляє воду з ячеек поверхні сітчатої панchoи і глухих отворів. Вода з нижнього жолобчатого валу видаляється в піддон, а з верхнього валу відсмоктується шабером. Сітчата панchoа верхнього валу створює поперечну фільтрацію води через верхнє сукно в ячейки сітки і глухі отвори, панchoи з ячеек сітки і глухих отворів вода відводиться відсмоктуючим шабером, створений таким чином додатковий потік

відведення води збільшить швидкість фільтрації та кінцеву сухість відпресованого картонного полотна.



- 1- верхній вал з панчохою, 2- відсмоктуючий шабер, 3- верхнє сукно,  
4- картонне полотно, 5- нижнє сукно, 6- піддон, 7- нижній жолобчатий вал

Рисунок 1 – Схема першого пресу

#### Перелік посилань:

1. Чичаев В.А. "Оборудование целлюлозно-бумажного производства" в 2 томах. Том 2. "Бумагоделательные машины" / Чичаев В.А. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 264с.

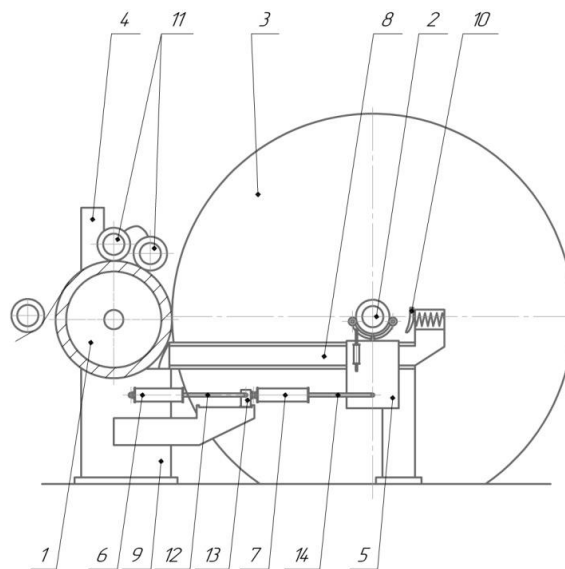
## МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЕРИФЕРИЧНОГО НАКАТУ

студентка Вакульчук В. В., ст.викл. Новохат О. А.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

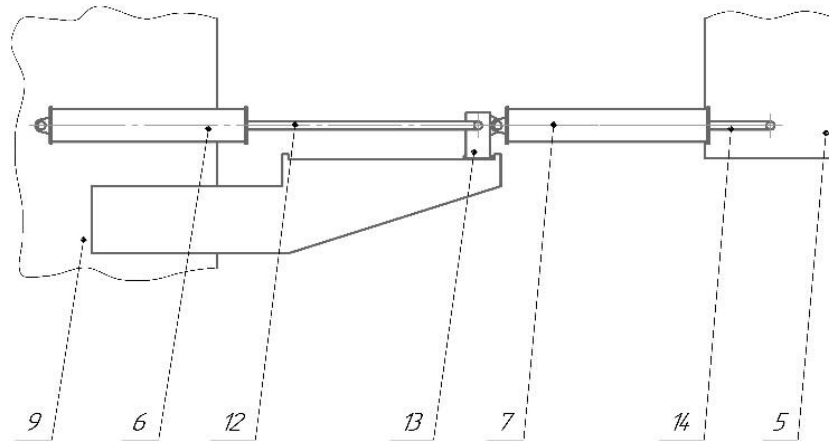
Периферичний накат є сучасною конструкцією для намотування паперового чи картонного полотна в рулони. Сучасні накати мають забезпечувати безобривне намотування в рулони з рівномірною щільністю [1]. Проте діаметр рулону та, відповідно, час намотування обмежується ходом штоків пневмоциліндрів. Це збільшує кількість допоміжних операцій, як і вартість кінцевого продукту. За мету поставлена задача збільшення тривалості намотування рулону шляхом збільшення кінцевого його діаметра. Для вирішення поставленої задачі запропонована конструкція периферичного накату, що представлена на рисунку 1.



1 – циліндр накату; 2 – тамбурний вал; 3 – рулон картону; 4 – заправочні важелі; 5 – стійка; 6 – перший пневмоциліндр; 7 – другий пневмоциліндр; 8 – направляюча; 9 – станина; 10 – демпферний механізм; 11 – тамбурні вали; 12 – шток першого пневмоциліндра; 13 – рухома платформа; 14 – шток другого пневмоциліндра.

Рисунок 1. – Схема запропонованої конструкції

Периферичний накат згідно рисунку 1 працює наступним чином. Картонне полотно намотується на тамбурний вал в рулон, що притискається до циліндра накату завдяки пневмоциліндрів з кожного боку накату. Крім пневмоциліндрів також можливо використовувати гідроциліндри. При збільшенні діаметра рулону шток першого пневмоциліндра видовжується, рухаючи платформу з другим пневмоциліндром, та, відповідно, стійку з рулоном по направляючій станини. При досягненні максимально видовженого стану першого пневмоциліндра (рис. 2) починає видовжуватись другий пневмоциліндр до максимального його видовження (як на рис. 1). Після цього рулон картонного полотна вивільнюється зі стійки та котиться до кінця направляючої станини, де гальмується демпферним пристроєм. Обрізане картонне полотно заправляється на наступний тамбурний вал та процес повторюється.



5 – стійка; 6 – перший пневмоциліндр; 7 – другий пневмоциліндр; 9 – станина; 12 – шток першого пневмоциліндра; 13 – рухома платформа; 14 – шток другого пневмоциліндра.

Рисунок 2. – Система притискання

Запропонована конструкція накату дасть змогу збільшити діаметр рулону картонного полотна шляхом збільшення часу намотування. Це, в свою чергу, зменшить кількість допоміжних операцій, таких як, наприклад, транспортування рулону до поздовжньо-різального верстату.

#### Перелік посилань:

1. С.Н. Иванов. Технология бумаги. Изд. 3-е. Иванов С.Н., 2006, стр. 696.

УДК 676.056.4

## **ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ЗНЕВОДНЕННЯ КАРТОННОГО ПОЛОТНА ПІД ЧАС ПРЕСУВАННЯ**

студент Войтюк В.О., к.т.н., ст.викл. Новохат О.А.

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Існують різні способи інтенсифікації процесу пресування паперового та картонного полотна [1]. Одним з них є попередній підігрів вологи в полотні, що призводить до зменшення її густини та в'язкості. Це сприяє більш легкому виведенню вологи з полотна.

Раніше було запропоновано підігрівати вологу в картонному полотні завдяки нагрітій металевій стрічці [1]. Проте такий спосіб має ряд недоліків: підігрів починається в зоні пресування і через малий час перебування волога може не встигати нагріватись; металева стрічка через постійне згинання схильна до швидкого зношення.

Тому за мету поставлено задачу розробити конструкцію преса з подовженим часом нагрівання картонного полотна та відсутністю металевої стрічки. Для цього вирішено застосувати нагрівачі безконтактного типу, спрямованих на поверхню полотна.

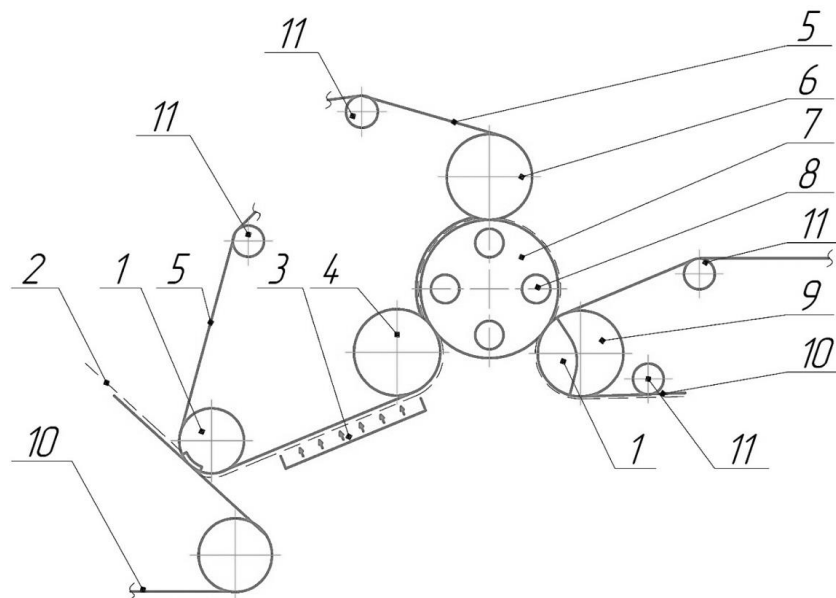
В якості нагрівачів можна використати конвективні ящики або інфрачервоні випромінювачі. Випромінювачі краще застосовувати електричні, адже вони мають такі переваги як зручність використання, можливість регулювати густину теплового потоку, не потребують спалювання природнього газу, вибухобезпечні.

Схема розробленої конструкції зображено на рисунку 1.

Прес працює наступним чином. Після сіткової частини картонне полотно пересмоктується валом на верхнє сукно. Після цього картонне полотно проходить через нагрівний пристрій безконтактного типу, де відбувається підігрів картонного полотна. Далі нагріте полотно потрапляє у перший



пресовий захват, утворений віджимним валом та нагрітим за допомогою нагрівальних елементів центральним валом. Там відбувається віджим води з картонного полотна. Внаслідок контакту картонного полотна з поверхнею центрального вала продовжується його нагрів. Після цього полотно рухається до другого і третього пресових захватів, утворених віджимними валами та центральним валом. Після третього захвату картонне полотно пересмоктується валом на сукно та надходить на подальшу обробку.



1-пересмоктуючий вал; 2-картонне полотно; 3-нагрівний пристрій безконтактного типу, 4,6-жолобчасті віджимні вали; , 5-верхнє сукно; 7-центральный вал; 8-нагрівні елементи; 9-відсмоктуючий вал, 10-нижнє сукно; 11-сукноведучі вали.

Рисунок 1. – Конструкція преса з безконтактним нагрівним пристроєм

Запропонована конструкція завдяки інтенсифікації процесу зневоднення дозволить підвищити сухість картонного полотна після преса.

#### Перелік посилань:

1. Войтюк В.О., Новохат О. А., Вдосконалення пресових частин крм за допомогою технології металевої стрічки. Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів: матеріали XXIII всеукр. наук.-практ. конф. студ., асп. і мол. вчен., м. Київ, 28-29 листоп. 2018р. Київ, 2018р. С. 41-42.

## ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ДРУГОГО ПРЕСУ КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ

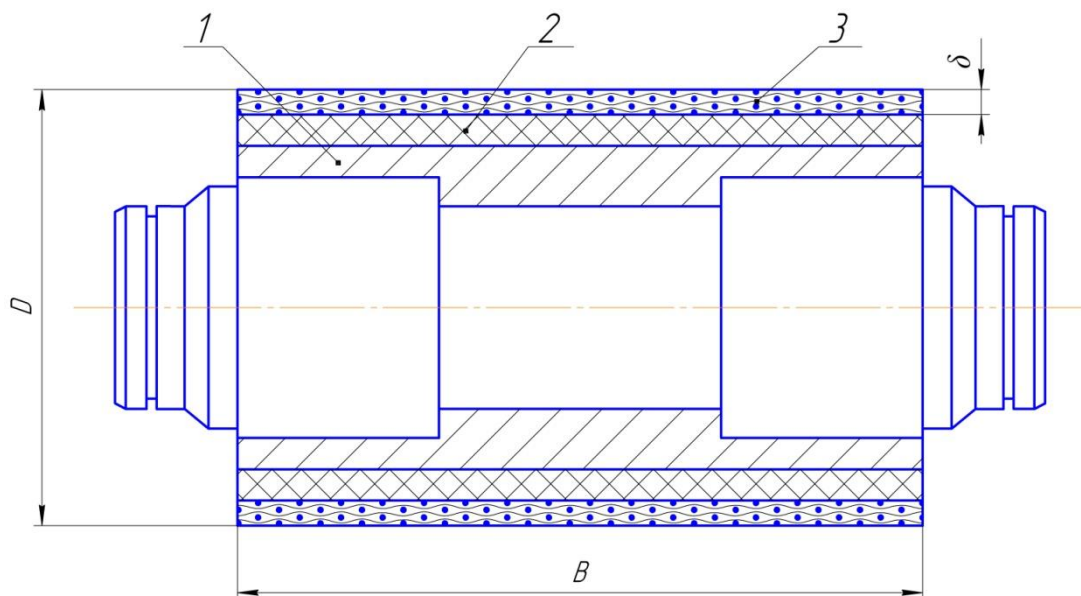
студент Галайковський А.О., асистент Гробовенко Я.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ресова частина картоноробної машини призначена для зневоднення волокнистого полотна і формування його скелету. Особлива роль у пресуванні картонного полотна відводиться другому пресу, який призначений для відведення води і збільшення сухості полотна до 25-28 %.

Сучасні конструкції пресів мають наступні недоліки: 1) нерівномірне розподілення лінійного тиску в захваті пресу, так як в зоні контакту валів з часом з'являється прогин, який істотно впливає на якість полотна; 2) значна металоємкість конструкцій пресів і валів; 3) значні енерговитрати на створення розрідження для відсмоктуючих валів. Для вирішення наведених недоліків представлено конструкцію пресового валу (рисунок 1).



1 – металевий сердечник, 2 – шар еластичного матеріалу, 3 – панчоха.

Рисунок 1 – Схема пресового валу

Пресовий вал для видалення вологи з картонного полотна містить металевий сердечник 1, на якому розміщено шар еластичного матеріалу 2 на

зовнішній поверхні якого знаходиться полімерна панчоха 3, а також відсмоктуючий шабер 4. Структура даної панчохи містить в собі комірки, які заповнюються водою внаслідок поперечної фільтрації рідини при проходження полотна через захват пресу.

Пресовий вал, що входить до другого пресу працює наступним чином: під дією зовнішнього навантаження, сердечник пресового вала 1 прогинається, що призводить до перепаду лінійного тиску по довжині захвату пресу, а перепад тиску впливає на величину сухості полотна, що змінюється по його ширині. Твердий еластичний шар 2 та панчоха 3 компенсує цей прогин, чим збільшує зону контакту пресування. А структура полімерної панчохи дозволяє відпресованій із полотна воді фільтруватися через пресове сукно в комірки полімерної сітки, із якої виготовлена панчоха, тим самим збільшуючи кількість відпресованої води на пресі. В зоні регенерації панчохи вода видаляється із комірок за допомогою відсмоктуючого шаберу. Переваги запропонованого сушильного апарату: 1. Збільшення кількості відпресованої води внаслідок додаткової поперечної фільтрації рідини із сукна в комірки панчохи, що призводить до збільшення сухості полотна після пресу. 2. Усунено нерівномірне розподілення лінійного тиску в захваті полотна, внаслідок компенсації прогину валів прогином шару еластичного матеріалу. 3. Спрощена конструкція пресового валу, що обумовлює меншу вартість виробництва та обслуговування установки. Відзначені вище переваги дозволяють підвищити якість паперового полотна та термін роботи пресового вала, а також збільшити сухість полотна після захвату пресу і зекономити енерговитрати в сушильній частині машини.

#### **Перелік посилань:**

1. Пресс бумагоделательной машины: пат. 964045. СССР: МПК D21F 3/00 / Д.А. Алмакаев; заявитель Центральный научно-исследовательский и проектно конструкторский институт по проектированию оборудования для целлюлозно-бумажной промышленности; 07.10.82 Бюл. № 37.

УДК 676.056.4

## МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРЕСУ КАРТОНРОБНОЇ МАШИНИ

студент Гламазда Д. О., к.т.н., проф. Марчевський В. М.

**Національний технічний університет України**

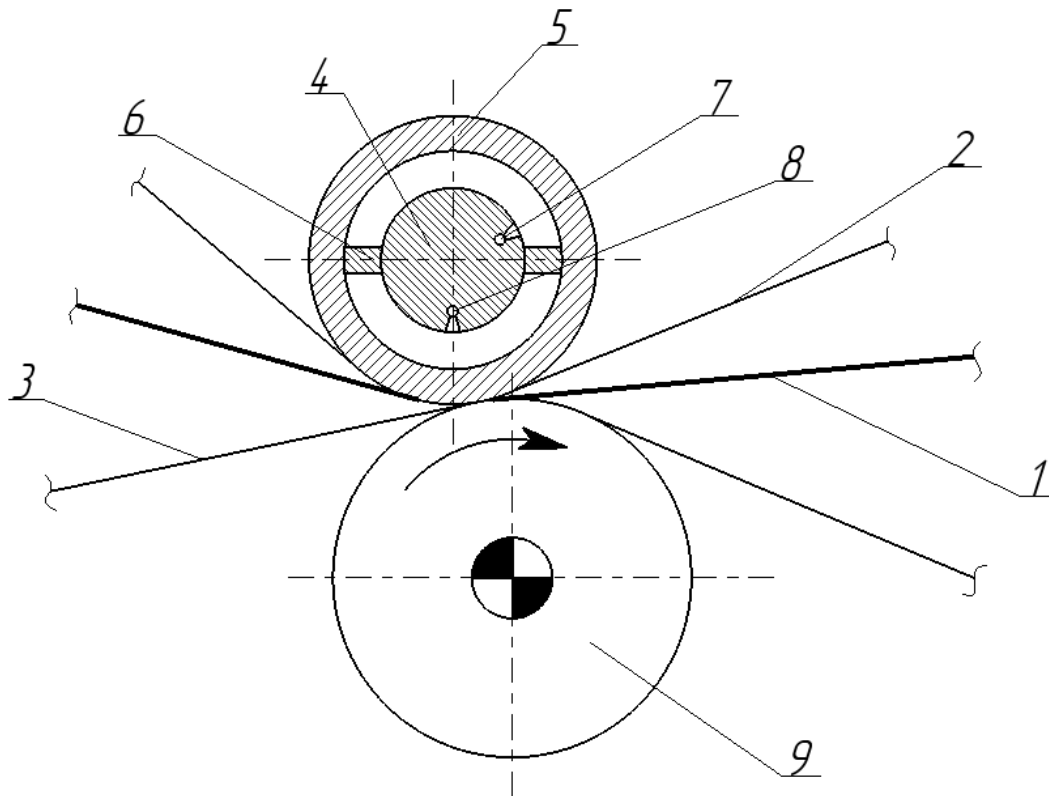
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Витрати тепла сушильної частини картоноробної або папероробної машини безпосередньо залежать від ефективності пресування. При неякісному пресуванні витрати енергії при сушінні різко зростають. Збільшення сухості картонного або паперового полотна на 1% на виході з пресової частини зменшує кількість випаровуваної води, а, отже, кількість сушильних циліндрів та витрати пари приблизно на 5% [1].

Нерівномірність тиску в зоні пресування може бути викликана дефектами поверхні пресових валів, порушенням паралельності при монтажу, різницею тисків з лицьової та приводної сторін, неправильно підібраним бомбуванням вала [2]. Зміна лінійного тиску в захваті пресу пов'язана з комплексом операцій, необхідних для зміни бомбування пресового вала, що знижують продуктивність машини. Для уникнення цього доцільним є використання вала з регульованим прогином, а саме вала з гідропідтримкою оболонки в якості верхнього пресового вала.

Таким чином картонне або паперове полотно поступає у захват преса, що утворений нижнім жолобчатим та верхнім притискним валами, де стискується між двома сукнами. Притискний вал містить нерухоме осердя, на яке встановлена рухома оболонка, що створює з осердям кільцеву порожнину, розділену ущільненнями на дві камери. Нижня камера каналом з'єднується з джерелом стисненої оливи, а верхня - з дренажною ємністю.

Тиск оливи в нижній камері створює зусилля, що врівноважує зусилля притискання. При цьому, оболонка працює на стискання, а не на згинання. Отже, тиск по ширині зони притискання буде рівномірним.



- 1 – картонне або паперове полотно; 2 – верхнє сукно; 3 – нижнє сукно;  
4 – нерухоме осердя; 5 – рухома оболонка; 6 – ущільнення; 7, 8 – канал;  
9 – нижній жолобчатий вал.

Рисунок 1 – Схема пресу

### Перелік посилань:

1. Бумагоделательные и отделочные машины, изд. 3-е, испр. и доп. Эйдлин И. Я. Изд-во «Лесная промышленность», 1970, стр. 624.
2. Справочник механика целлюлозно-бумажного предприятия/ Пожитков В. И., Калинин М. И., Старец И. С. и др.; Под ред. канд. техн. наук М. И. Калинина. – М.: Лесная пром-сть, 1983. – 552 с.

УДК 676.056.521

## МОДЕРНІЗАЦІЯ СУШИЛЬНОЇ ГРУПИ КАРТОНОРОбНОЇ МАШИНИ

студент Грицюк Г. І., к.т.н., ст.викл. Новохат О.А.

Національний технічний університет України

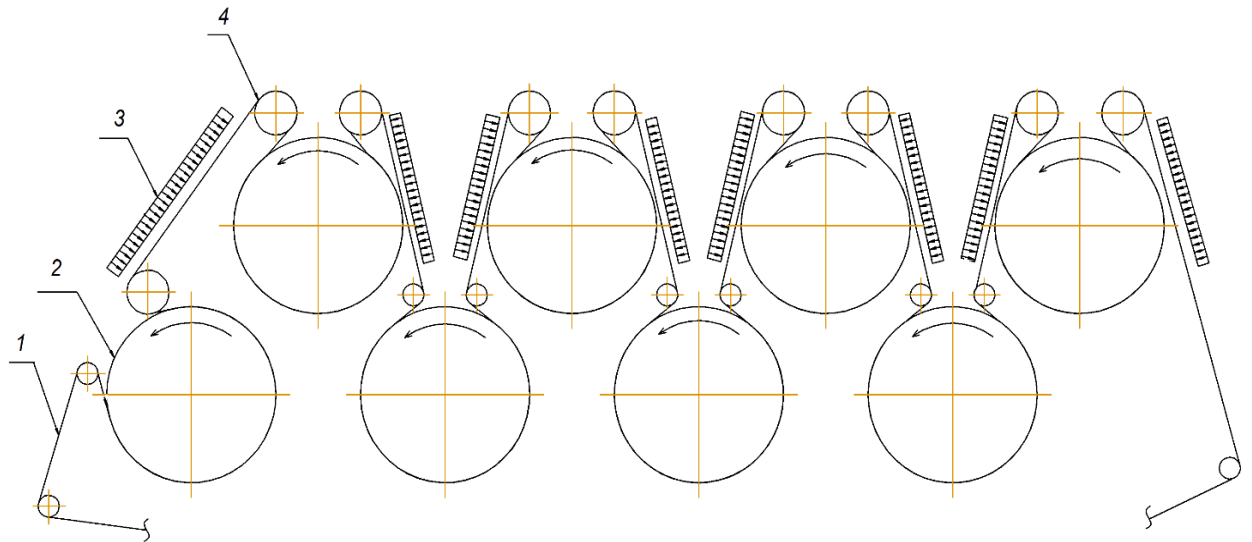
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Контактний метод сушіння паперу на сушильних циліндрах найпоширеніший у сучасній папероробній промисловості. Але він має такі недоліки, як велика металоємкість конструкції та недостатня кінцева сухість паперу. Тому, розглянувши можливі шляхи модернізації та провівши детальний аналіз конструкції, було встановлено, що інтенсифікувати сушіння картону можна шляхом встановлення на початку сушіння інфрачервоних випромінювачів. Оскільки картонне полотно на початку сушіння має високу вологість і майже не утворює пил, то мінімізується можливість займання полотна. Проте вологе полотно швидко прогрівається від поглинутої теплоти від інфрачервоного випромінювання, а загальна кількість сушильних циліндрів зменшується. [1]

Схема сушильної групи з інфрачервоними випромінювачами показана на рисунку 1.

Картонне полотно, яке рухається по сукну чи сітці сушиться контактним способом на сушильних циліндрах, а на проміжках між ними – радіаційним за допомогою інфрачервоних випромінювачів. Їх робоча сторона направлена на картонне полотно, що сушиться. А таке розміщення випромінювачів не протидіє вільному витоку утвореної пари.

Розроблена сушильна група має одну безкінечну сітку. Тому папір весь час контактує з нею, а вільні пробіги відсутні. Для полегшення повертання паперового полотна з сіткою діаметр сітководучих валиків збільшений.



1 – картонне полотно; 2 – сушильний циліндр; 3 – інфрачервоні випромінювачі; 4 – сітководучі вали.

Рисунок 1 – Схема модернізованої сушильної групи

Отже, інфрачервоні випромінювачі сприяють зменшенню часу прогріву полотна, що також зменшує загальну кількість сушильних циліндрів. А таке розташування сушильних циліндрів в сушильній групі дозволяє зменшити вірогідність обривів та підвищує інтенсивність сушіння та зменшує час цього процесу.

#### Перелік посилань:

1. В. А. Чичаев, А. А. Васильев, И. А. Васильев и др. — М.: Лесная промсть, 1981. – 5 с.
2. Грицюк Г. І., Новохат О. А., Модернізація сушильного циліндра картоноробної машини. Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів: матеріали XXIII всеукр. наук.-практ. конф. студ., асп. і мол. вчен., м. Київ, 28-29 листоп. 2018р. Київ, 2018р. С. 47-48.

## ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ КЛЕЮ

### ПІД ЧАС ПРОКЛЕЮВАННЯ ПАПЕРУ ТА КАРТОНУ

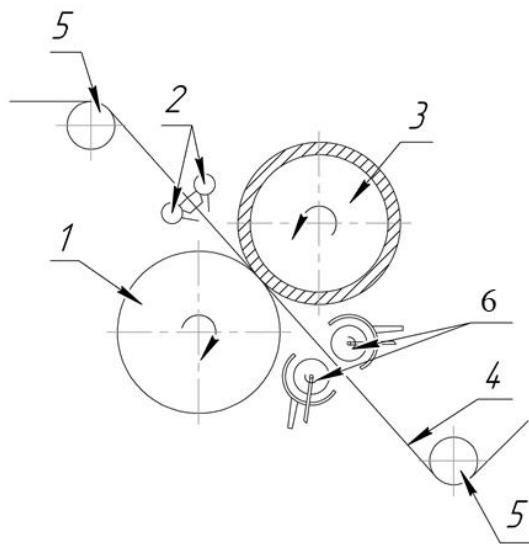
студент Запорожець О.В., к.т.н., ст.викл. Новохат О.А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

В целюлозно-паперовій промисловості для покращення якісних характеристик паперового і картонного полотна широко застосовується клеїльний прес. Дослідивши принцип роботи клеїльного преса, його характеристики та економічні показники встановлено, що окрім можливого зминання та утворення складок на полотні [1], іншою проблемою є велика витрата клеїльного компоненту. Крім того, частина клею разом з кромками полотна обрізається та повертається на повторну обробку[2]. Проте під час цього можлива додаткова втрата клеїльного компоненту.

За мету поставлено рішення модернізації клеїльного пресу шляхом зменшення витрат клеїльного компоненту. Для цього запропоновано на виході з клеїльного пресав становити знімальні пристрої (рис. 1).



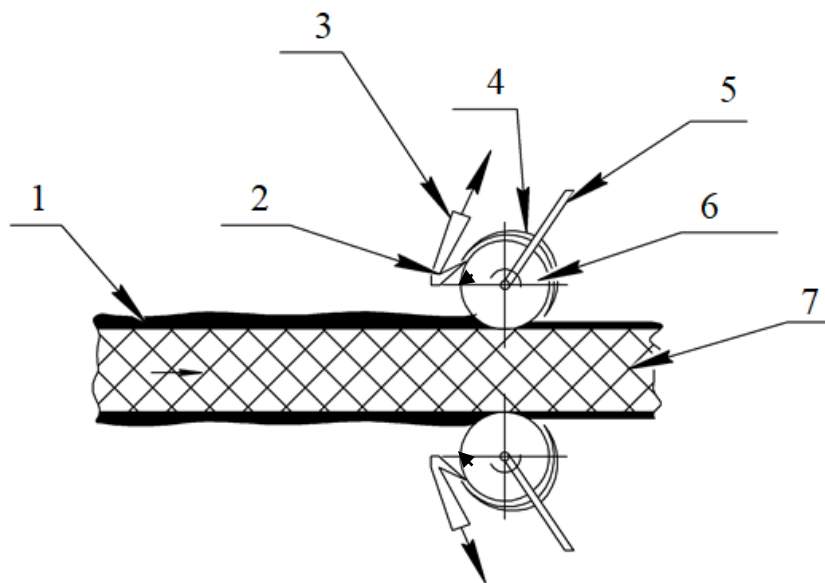
1 - стонітовий вал; 2 - спірски; 3 - гумований вал; 4 –паперове або картонне полотно; 5 - папероведучі вали; 6 - знімальні пристрої.

Рисунок 1 – Схема вдосконаленого клеїльного преса



Знімальні пристрої розташовані відразу після пресових валів за рухом паперового чи картонного полотна з обох його сторін по краям. Вони забезпечують часткове видалення клею з поверхонь полотна. Ширина знімання клею не перевищує ширину обрізання кромки полотна перед накатом, тому не впливає на якість кінцевого продукту.

В якості знімальних пристроїв можна використовувати вузькі шабери або валики з адгезійною для клею поверхнею (рис. 2).



1 - клейова плівка; 2 - шабер; 3 - відсмоктувач; 4 - клейовідбійник; 5 – тримач; 6 - валик; 7 –паперове або картонне полотно.

Рисунок 2 – Схема знімального пристрою

Після встановлення знімальних пристроїв затрати клейового компонента з урахуванням можливих втрат зменшується, як і кінцева собівартість продукту.

#### Перелік посилань:

1. Запорожець О. В., Новохат О. А., Клейовий прес картоноробної машини. Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів: матеріали ХХІІІ всеукр. наук.-практ. конф. студ., асп. і мол. вчен., м. Київ, 28-29 листоп. 2018р. Київ, 2018р. С. 49-50.

2. С.Н. Иванов. Технология бумаги. Изд. 3-е. Иванов С.Н., 2006, стр. 696.

УДК 676.056.712

## МОДЕРНІЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ ЧАСТИНИ КРМ І ПРМ

студент Коваленко С. П., к.т.н., професор Марчевський В. М.

Національний технічний університет України

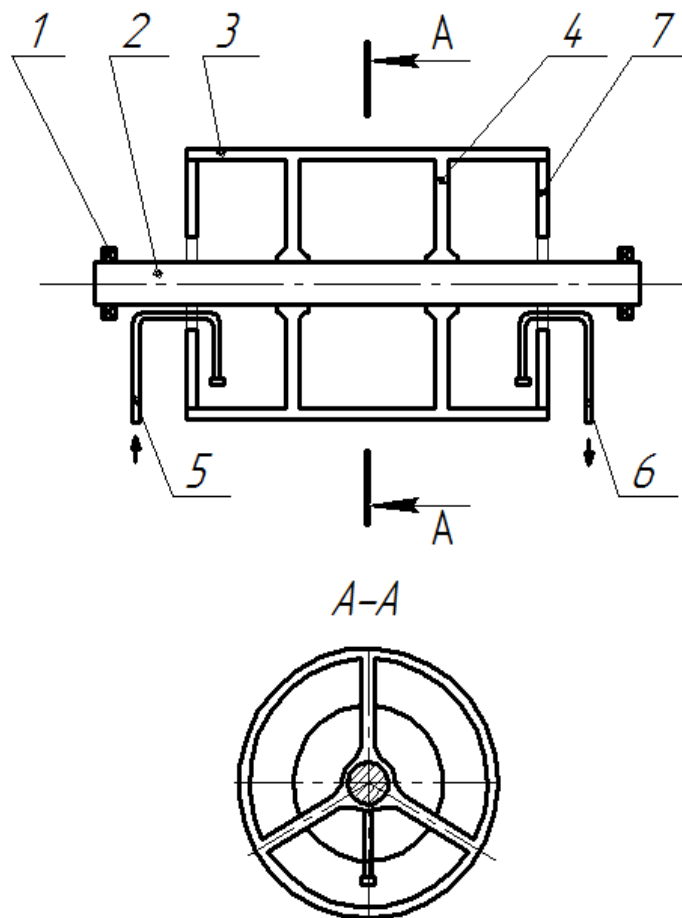
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Для охолодження картонного або паперового полотна перед його надходженням у каландр наприкінці сушильної частини встановлюють холодильну частину, що складається з одного або двох холодильних циліндрів [1]. Після холодильної частини вологість полотна зростає [2]. Це надає паперу чи картону більшу пластичність і покращує процес каландрування, а також зменшує електризацію картонного або паперового полотна. Холодильна частина КРМ і ПРМ відрізняється досить великою металоємністю і витратами енергії, тому модернізація цієї частини паперо і картоноробних машин з метою зменшення металоємності і енерговитрат є актуальною задачею.

Для вирішення поставленої задачі розроблено холодильну частину КРМ яка оснащена новим холодильним циліндром. Конструкція якого захищена патентом на корисну модель [ u2018 10834 ]. Схема нового циліндра холодильного наведена на Рисунку 1. Суть новизни конструкції заключається в тому, що замість металоємних елементів циліндра, таких як: водовпускні головки, масивні кришки, пристрої для подачі повітря для створення тиску. Розроблено циліндр, що містить: легку оболонку яка опирається спицями на пустотілий вал і з торців прикрита діафрагмами які разом з прокладкою кріпляться гвинтами до торців оболонки, труби для подачі і відведення холодної води які встановлено в порожнині циліндра на різній висоті.

Циліндр холодильний працює наступним чином: попередньо висушене та нагріте полотно після сушильної частини КРМ потрапляє на зовнішню поверхню оболонки циліндра холодильного, що обертається, холодна вода подається під тиском через патрубок для подачі холодної води в порожнину циліндра. На внутрішній поверхні циліндра створюється шар холодної води. Нагріта вода збирається на поверхні шару холодної води і під дією відцентрової сили відводиться патрубком для відведення теплої води . Холодна вода рухається по внутрішній поверхні оболонки під дією відцентрової сили. Також під час роботи циліндра холодильного картонне полотно зволожується за рахунок води, пари яка конденсується на його стінках. Конденсація виникає

завдяки різниці температур між стінкою циліндра та температурою в середині цеху.



1- підшипники; 2- суцільний вал; 3- оболонка; 4- металеві спиці; 5- патрубок для подачі води; 6-патрубок для відведення теплої води; 7-діафрагми

Рисунок 1 – Схема холодильного циліндра

На відміну від типових циліндрів, розроблений циліндр має просту конструкцію в ній відсутні масивні кришки, складні пристрої для подачі в циліндр холодної води і стиснутого повітря для відведення відпрацьованої води. Значно зменшена товщина оболонки, що дає значний економічний ефект при виготовленні циліндра. Збільшено інтенсивність теплообміну.

#### Перелік посилань:

1. Чичаев В.А. "Оборудование целлюлозно-бумажного производства" в 2 томах. Том 2. "Бумагоделательные машины" / Чичаев В.А. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 264с.

2. Фляте Д.М. Технология бумаги. – М.: Лесная промышленность, 1988. - 440 с.

УДК 676.056.71

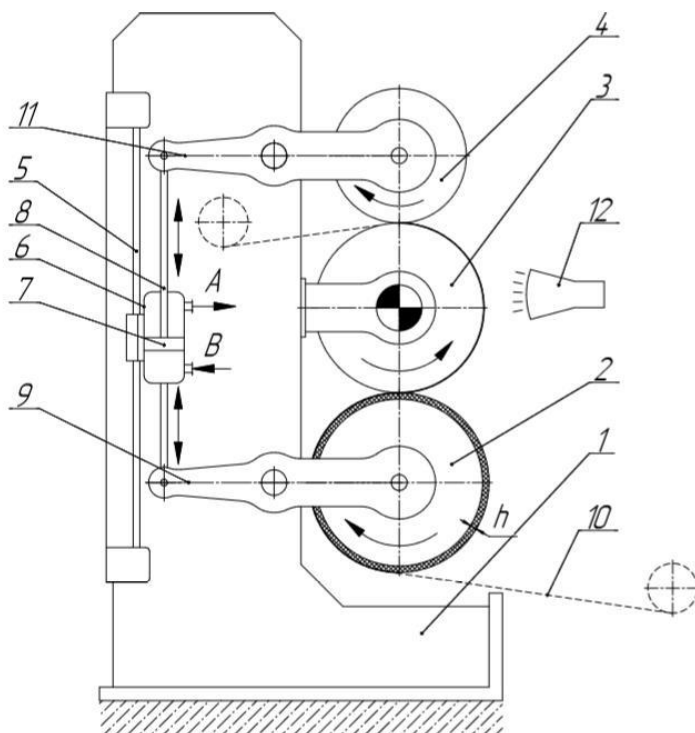
## МОДЕРНІЗАЦІЯ КАЛАНДРА КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ

студент Кошурніков М.Ю., асистент Гробовенко Я. В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Процес каландрування полотна є важливим етапом у технології отримання картонної продукції. Каландрування полотна надає йому лоск, підвищує гладкість, формує структуру матеріалу. На більшій частині папероробних та картоноробних машин каландр встановлюють після сушильної або холодильної частини. Каландр (рисунок 1) зазвичай складається з декількох полірованих або футерованих валів, які розташовані у вигляді вертикальної батареї. Кількість валів в першу чергу залежить від виду оброблюваного картону або паперу. Основні недоліки сучасних конструкцій каландрів є великогабаритність, металоємність, значні затрати енергії, необхідність створювати великий лінійний тиск у захваті, складність в обслуговуванні та експлуатації, значна ймовірність обриву.



- 1 – Станина;
- 2 – Обгумований вал;
- 3 – привідний середній вал;
- 4 – верхній притискний вал;
- 5 – направляюча рейка;
- 6 – гідроциліндр механізму притискання;
- 7 – поршень; 8 – шток;
- 9, 11 – важелі;
- 10 – паперове полотно.

Рисунок 1 – Схема конструкції каландру

Каландр працює наступним чином: полотно 10 подається на верхній притискний вал 4, огинає його і поступає у верхній захват, утворений притискним валом і привідним 3, ущільнюється, огинає привідний вал і потрапляє у другий нижній захват, утворений привідним валом і нижнім валом 2. В другому захваті полотно ущільнюється і вигладжується за рахунок проковзування валів захвату. Проковзування відбувається внаслідок збільшення площадки деформації пружного полімерного покриття нижнього валу. Необхідний лінійний тиск в захватах валів забезпечується гідравлічним механізмом притискання, що працює наступним чином: робоча рідина подається через штуцер А або В в гідроциліндр 6 та діє на поршень 7, що з'єднаний за допомогою штоку 8 із верхнім важелем притискання 11. В свою чергу робоча рідина діє на гідроциліндр, що переміщується по направляючій рейці 5 та з'єднаний із нижнім важелем притискання 9.

Перевагою запропонованого каландру є: 1. Рівномірне ущільнення полотна по всій його ширині. 2. Зменшення матеріальних та енергетичних затрат. 3. Вигладжування полотна внаслідок проковзування валів в захватах апарату.

Модернізація каландру дозволяє суттєво зменшити енергозатрати і збільшити час каландрування полотна та забезпечити безпечно проходження полотна через машинний каландр та мінімізувати кількість обривів та утворень браку.

#### **Перелік посилань:**

1. В.А. Чичаев, 1. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х томах. Т. 2 Бумагоделательные машины 1981. – 264 с.

2. Бумагоделательные и отделочные машины, Эйлин И.Я. Лесная промышленность М., 1970, - 379с

УДК 676.026.24

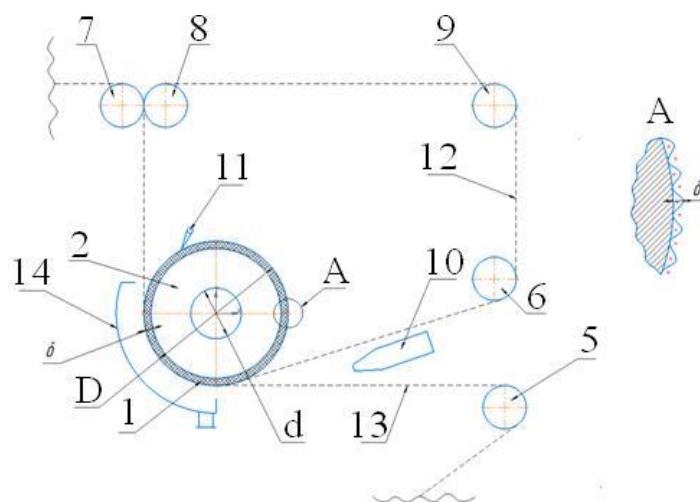
## КОНСТРУКЦІЯ ФОРМУЮЧОГО ПРИСТРОЮ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ

студент Курмишев О.С., асистент Гробовенко Я.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Основне завдання формуючої частини папероробної машини полягає у зневодненні паперової маси та формуванні безкінечного полотна, що передається на пресову частину. Важливим елементом формуючої частини являється формуючий вал, на поверхню якого безпосередньо подається паперова маса. Сучасні конструкції формуючих валів мають наступні недоліки: 1. Значні енерговитрати на створення вакууму в системі відсмоктування води із полотна; 2. Велика металоємкість та складність конструкцій; 3. Швидке стирання робочої поверхні зневоднюючої панелі; 4. Перфорована оболонка формуючих валів забиваються волокнами і потребують постійного очищення. Для вирішення наведених недоліків представлено конструкцію формуючого валу рисунку 1.



1 – панчоха; 2 – формуючий вал; 5...9 – сукноведучі вали; 10 – масонапускний пристрій; 11-відсмоктуючого шаберу; 12-нижня сітка; 13-верхня сітка; 14-дефлектор.

Рисунок 1 – Схема формуючого пристрою

Для введення додаткової поперечної фільтрації води із полотна, формуючий вал, оснащений панчохою, яка розміщена на робочій поверхні валу і закріплена притискними кільцями та гайками. Завдяки цьому досягається збільшення швидкості та продуктивності по відведенні води, а також спрощується конструкція та зменшується металоємкість формуючого валу. Крім того розроблена конструкція формуючого валу дозволяє зменшити енергозатрати на проведення процесу формування паперового полотна за рахунок відсутності системи відсмоктування води.

Формуючий вал для формування і зневоднення паперового або картонного полотна працює наступним чином: волокниста маса подається за допомогою масонапускного пристрою в захват між двома сітками, що огинають вал, та зневоднюється шляхом поперечної фільтрації води у верхню сітку із наступним її відведенням відцентровою силою у дефлектор та у нижню сітку через яку вода потрапляє під тиском в комірки панчохи та видаляється із них за допомогою відсмоктуючого шаберу. Сформоване і частково зневоднене полотно рухається далі на пресову частину машини.

Модернізація формуючого валу спрямована на підвищення ефективності процесу формування та інтенсифікації зневоднення паперового або картонного полотна, зменшення енергозатрат і підвищення якості готової продукції.

### **Перелік посилань:**

1. Марчевський В.М. Обладнання лісового комплексу. Дослідження процесів устаткування целюлозно-паперових виробництв / В.М. Марчевський, О.О. Семінський, В.В. Петров. – К.: НТУУ «КПІ», 2011.
2. Примаков С.П. Технологія паперу і картону: Навч. посіб./ Примаков С.П., Барбаш В.А. – К.: ЕКМО, 2008. – 425с.

УДК 676.026.4

## МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЕРШОГО ГАРЯЧОГО ПРЕСУ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ

студент Лисій В.С., асистент Гробовенко Я.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Пресування паперового полотна відіграє важливу роль в технології отримання паперу. Сучасні папероробні машини характеризуються високими швидкостями рух полотна. Оскільки зневоднення паперового полотна відбувається з великою швидкістю, то виробництво продукції з малою масою квадратного метру реалізується на папероробних машинах (ПРМ) з лоцильним циліндром, де пресова частина комбінується разом з сушильною. Звичайною конструкцією є двозахватний гарячий прес, що складається з двох гладких валів, які прижимаються до поверхні лоцильного циліндра. Сучасні конструкції гарячих пресів мають наступні недоліки: 1. Великі втрати тепла в навколишнє середовище, а також те, що гарячий теплоносій потрапляє на робочі місця персоналу цеху; 2. Значна металоємкість конструкцій пресів і валів; 3. Значні енергозатрати на нагрівання гарячого валу; 4. Низький коефіцієнт корисної дії установки та недостатня поверхня нагрівання гарячого валу.

В основу модернізації першого гарячого пресу папероробної машини поставлені задачі ефективного зневоднення, шляхом гарячого пресування полотна, збільшення кінцевої сухості полотна та покращення споживчих і технічних показників готової продукції. Прес для гарячого пресування волокнистих матеріалів (рисунок 1) містить лоцильний циліндр у якості верхнього гарячого валу 1, жолобчатий нижній вал 2, полотноведачі валики 3, сукноведачий валик 4, полотно 5, пресове сукно 6 і дефлектор 7. В свою чергу жолобки валу 2 виконані в зовнішньому еластичному шарі, що полегшує обслуговування і експлуатацію гарячого пресу.



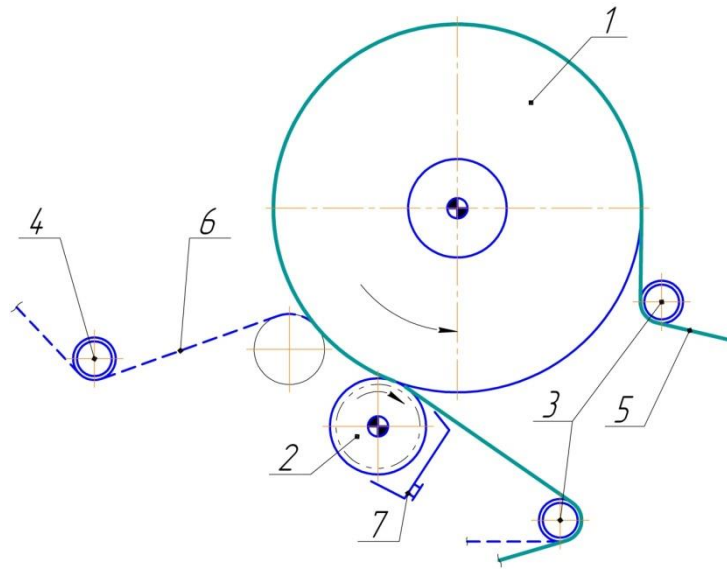


Рисунок 1 – Конструкція гарячого пресу

Переваги модернізованого гарячого пресу: 1. Збільшення кількості відпресованої води внаслідок введення додаткової поперечної фільтрації рідини із сукна в жолобки валу 2, що призводить до збільшення сухості полотна після пресу. 2. Усунено корозію металевої поверхні жолобчатого валу та простота в заміні зовнішнього еластичного шару в разі руйнування жолобків. 3. Спрощена конструкція пресового валу, що обумовлює меншу вартість виробництва та обслуговування установки.

Відзначені вище переваги дозволяють підвищити якість паперового або картонного полотна та термін роботи пресового жолобчатого валу, а також збільшити сухість полотна після захвату пресу і зекономити енергозатрати на сушіння вже відпресованого волокнистого полотна.

### **Перелік посилань:**

1. Чичаев А.А. «Оборудование целлюлозно-бумажного производства» в двух томах. Том 2 «Бумагоделательные машины» / Чичаев А.А. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 264 с.

2. Новиков Н.Е. Прессование бумажного полотна. / Новиков Н.Е. – М.: Лесная промышленность, 1972. – 240 с.

УДК 676.056.521

## ІНТЕНСИФІКАЦІЯ СУШІННЯ ПАПЕРОВОГО ПОЛОТНА

студент Міліціян О.А., к.т.н., ст.викл. Новохат О.А.

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Існують різні способи інтенсифікації процесу сушіння паперового полотна. Раніше було запропоновано зменшити витрати теплоти на теплопровідність через стінку лоцильного циліндра шляхом виготовлення більш тонкої сталеві оболонки замість чавунної [1]. Проте в даній конструкції утворюється шар конденсату, відведення якого ускладнено.

Для вирішення вказаного недоліку вирішено зменшити втрати теплоти шляхом зменшення товщини шару конденсату.

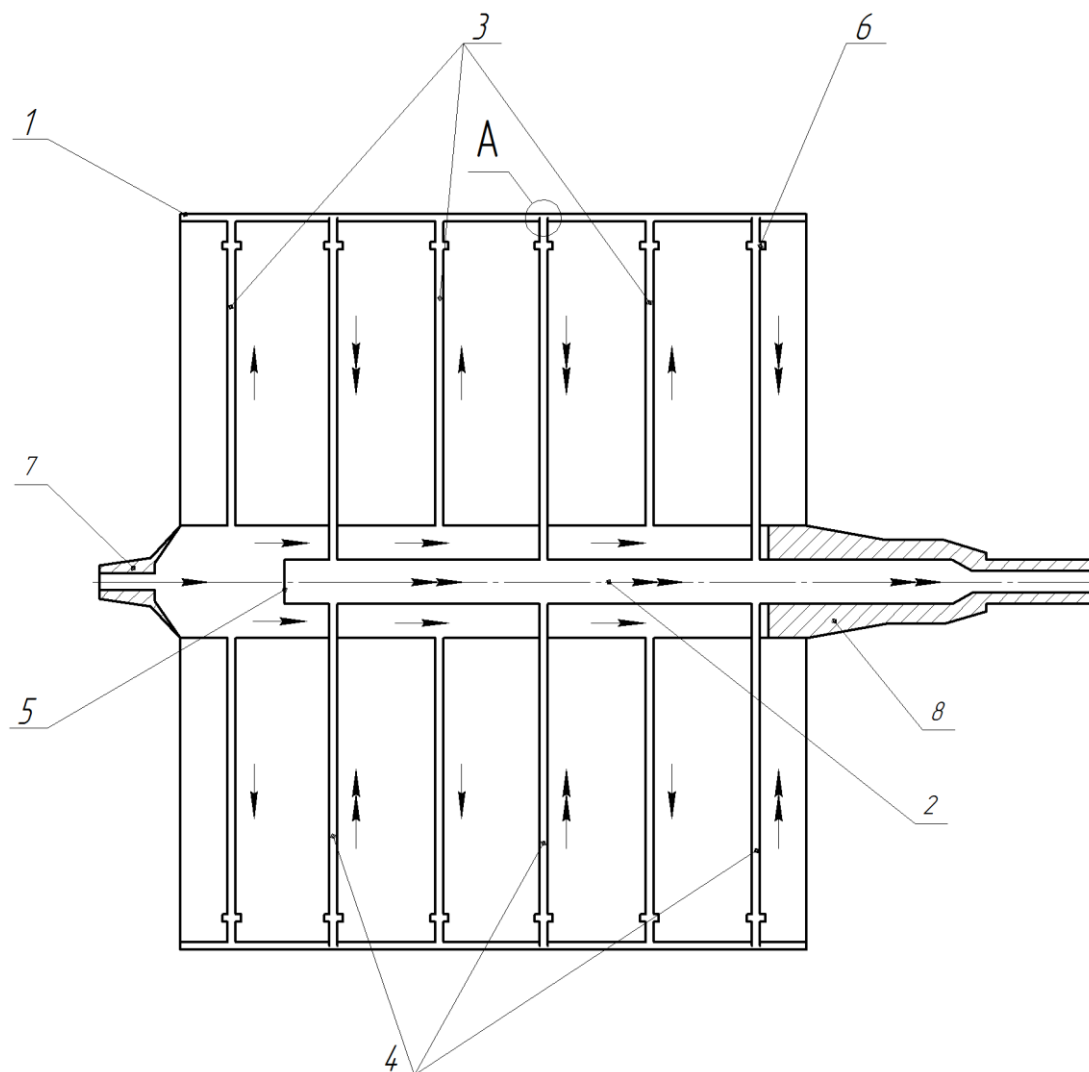
Його товщина може бути зменшена завдяки тому, що по всій довжині циліндра розташовуються конденсатовідвідні труби, які вварені максимально близько до внутрішньої поверхні трубок зовнішньої оболонки. При цьому між поверхнею зовнішньої оболонки та кінцями труб зберігається зазор.

Схема розробленої конструкції зображена на рисунку 1.

Лоцильний циліндр працює наступним чином. Через цапфу в зовнішню камеру пустотілого валу типу «труба в трубі» під тиском подається водяна пара. З пустотілого валу через паропідвідні труби вона надходить до труб оболонки, де конденсується, передаючи теплоту до паперового полотна через зовнішню поверхню оболонки. Утворений конденсат крізь конденсатовідвідні труби відводиться до внутрішньої камери пустотілого валу, а звідти крізь цапфу рухається назовні лоцильного циліндра.

Утворений в трубах оболонки конденсат завдяки відцентровій силі притискається до поверхні, що прилегла до зовнішньої поверхні оболонки. Це ускладнює відведення конденсату з труб. Вварення конденсатовідвідних труб максимально близько до внутрішньої поверхні труб прилеглий до зовнішньої оболонки, дозволить максимально ефективно відводити конденсат. Це призведе до зменшення теплових втрат шляхом зменшення термічного опору. Також

цьому сприяє почергове розміщення паропідвідних та конденсатовідвідних труб.



1 – оболонка; 2 – пустотілий вал типу «труба в трубі»; 3 – паропідвідні труби; 4 – конденсатовідвідні труби; 5 – заглушка; 6 – компенсатори теплового подовження; 7 та 8 – цапфи

Рисунок 1. – Конструкція лоцильного циліндра

Запропонована конструкція завдяки зменшенню товщини плівки конденсату дозволить підвищити ефективність процесу сушіння.

#### Перелік посилань:

1. Міліціян О.А., Новохат О.А., Використання лоцильних циліндрів.

Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів: матеріали XXIII всеукр. наук.-практ. конф. студ., асп. і мол. вчен., м. Київ, 28-29 листоп. 2018р Київ, 2018р. С. 59-60.

УДК 676.058.1

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ МЕХАНІЗМУ ПРИТИСКАННЯ НАКАТУ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ**

студент Ніколаєв В.О., к.т.н., проф. Марчевський В.М.

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

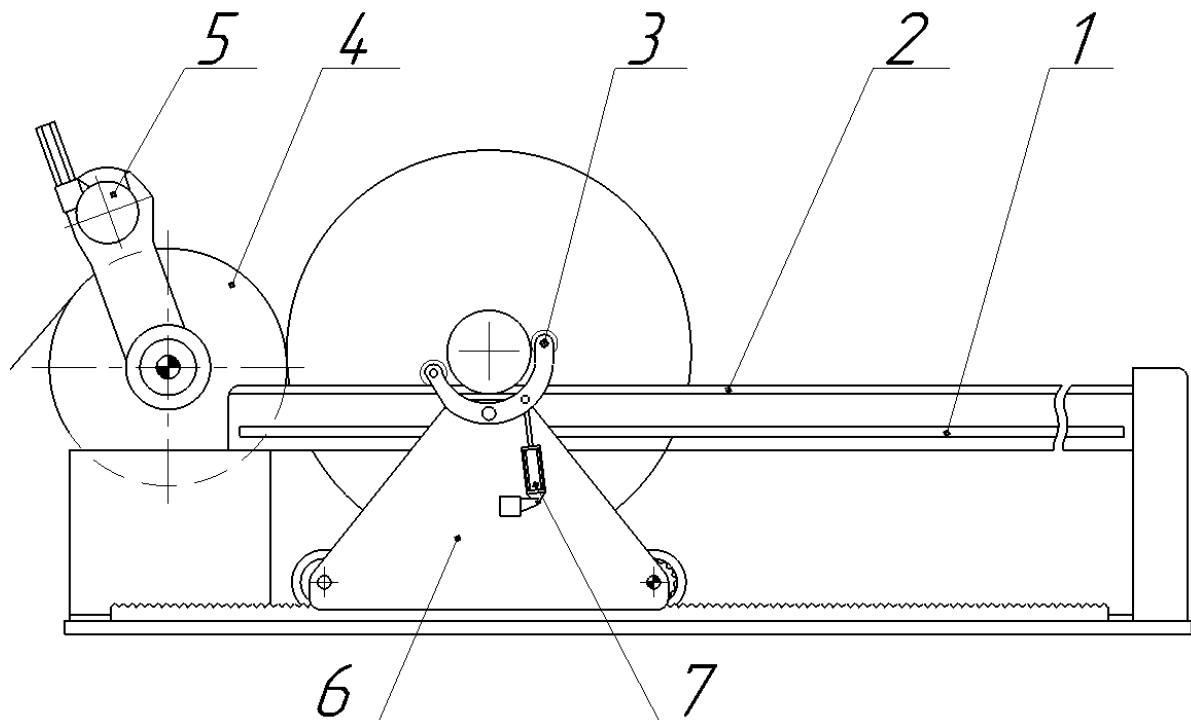
Важливою частиною наката папероробної машини є система притискання рулона до циліндра наката, яка забезпечує щільність та якість намотки. На сучасних накатах [1], [2], [3], використовується важлива система притискання, яка в якості силових механізмів використовує гідравлічні та пневматичні циліндри, синхронізацію яких важко забезпечити. При різних тисках повітря або рідини в циліндрах відбувається перекошення рулона, що викликає нерівномірність намотки та зменшення щільності намотки по довжині.

Основною задачею даної роботи є створення механізму притискання з одним силовим органом, який забезпечує абсолютно однакові зусилля притискання лівої і правої сторони рулона.

Такий механізм включає рухому платформу для установки тамбурного валу, з'єднану з станиною з зубчастими шестернями, що входять в зачеплення з зубчастими рейками розташованими і з'єднаними з одним валом до якого закріплений черв'ячний редуктор з'єднаний з електро двигуном на валу якого встановлені дискові гальма. Реверсивний двигун підводить каретку, яка приймає тамбурний вал з попередньо намотаною невеликою кількістю паперового полотна

Реверсивний двигун підводить каретку, яка приймає тамбурний вал з попередньо намотаною невеликою кількістю паперового полотна, зі збільшенням діаметру намотаного рулона каретка переміщується по станині зі швидкістю зростання діаметру рулона. Електричний привід переміщення каретки виключений. Для забезпечення необхідної щільності намотування, сила притискання рулона до циліндра наката регулюється гальмівним пристроєм,

який створює гальмівний момент притисканням колодок до поверхні гальмівного диска.



1 – циліндр намоту; 2 – тамбурний вал; 3 – механізм притискання;  
4 – станина; 5 – направляючі; 6 – каретка; 7 – пневмоциліндр

Рисунок 1 – Периферичний накат папероробної машини

Висновок: модернізація механізму притискання рулону папероробної машини дозволить: рівномірно намотувати паперове полотно, це збільшить щільність та якість намотки по довжині; скоротити час переміщення приводом каретки на її стартову позицію, тому є доцільною, а розробка креслень нового пристрою є актуальною.

#### Перелік посилань:

1. Патент на корисну модель, МПК D21G 9/00. Периферичний накат папероробної машини. №55233; заявл. 10.12.2010.
2. Чичаев В. А. "Оборудование целлюлозно-бумажного производства" в 2 томах. Том 2. "Бумагоделательные машины" / Чичаев В. А., Глезин М. Л. и др.— М.: Лесная пром-сть, 1981. — 264 с.
3. Патент на корисну модель, МПК D21G 9/00. Периферичний накат папероробної машини. №78696; заявл. 25.03.2013.

## КОНСТРУКЦІЯ ГАРЯЧОГО ПРЕСУ ПРМ

студентка Пінчук Ю.А., к.т.н., проф. Марчевський В.М.

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Для зневоднення вологого паперового полотна застосовують преси різних типів і конструкцій. Паперове полотно, яке проходить між валами пресів під тиском не тільки висушується, а ще й ущільнюється, збільшується його міцність та покращується якість поверхні.

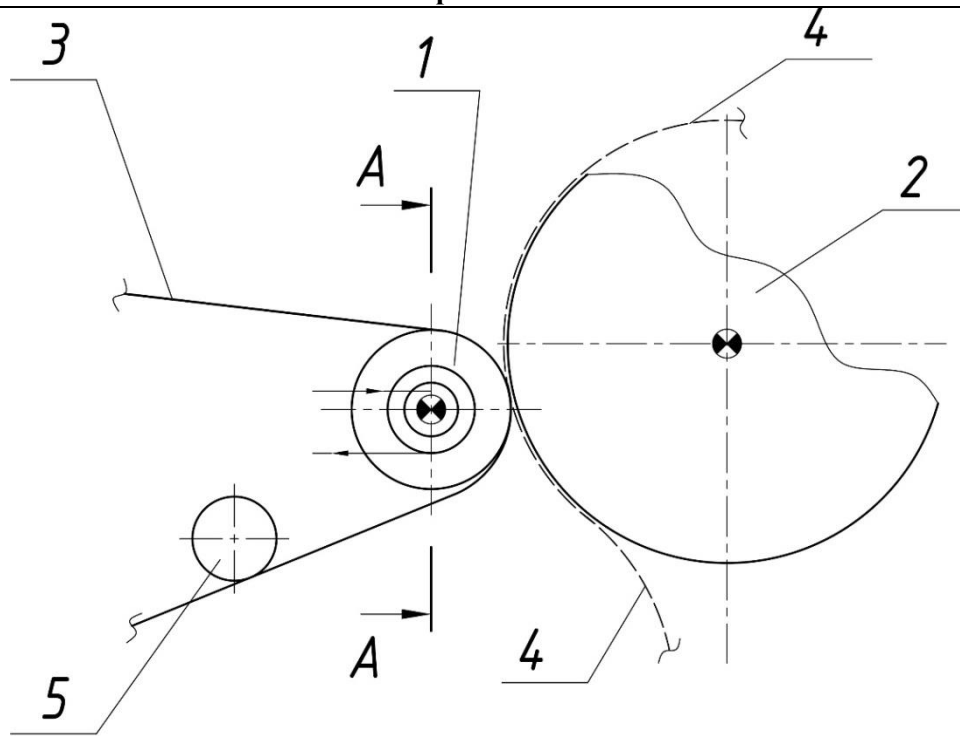
Раніше був запропонований гарячий прес папероробної машини [1], що містить електричний нагрівач для покращення процесу пресування і збільшення кінцевої сухості. Проте такий прес має свої недоліки, зокрема верхній вал, який містить всередині електричний нагрівач значно підвищує витрати електроенергії, а також через високі робочі температури зменшується зносостійкість гумового покриття і як результат, термін експлуатації установки.

Тому за мету поставлено задачу підвищити зносостійкість і термін експлуатації гарячого пресу.

Поставлена задача вирішується шляхом підведення холодної води в внутрішню порожнину валу та відводу нагрітої води через трубопровід приєднаний до валу.

Схема розробленої конструкції зображена на рисунку 1.

Гарячий прес працює наступним чином: в лоцильний циліндр діаметром 6 м подається пара під тиском 0.8 МПа при температурі конденсації 174,5°C. Пара конденсується і виділяє тепло на висушування паперу і одночасно нагрівається гумове полотно поверхні валу з глухими отворами.



1 – вал з глухими отворами; 2 – лоцильний циліндр;  
3 – сукно; 4 – паперове полотно; 5 – сукноведучий вал

Рис. 1 – Гарячий прес

#### Посилання:

1. Примаков С. П., Барабаш В. А. Технологія паперу і картону. Київ ЕКМО 2002

Чичаев А. А. Оборудование целлюлозного – бумажного производства. В 2 – х т. Т 2. Бумагоделательные машины/Чичаев А. А. – М.: Лесная промышленность. 1981. – 264 с.

УДК 676.026.54

## ХОЛОДИЛЬНА ЧАСТИНА КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ

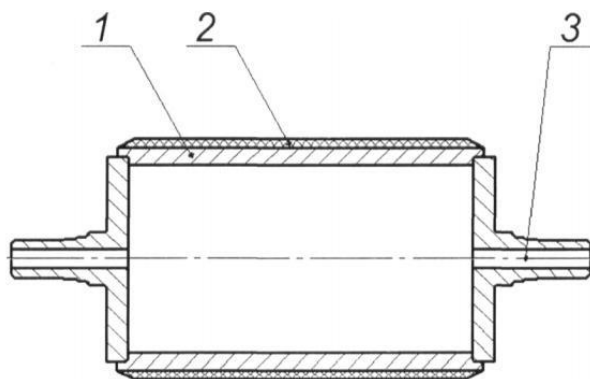
студент Холод І.І., асистент Гробовенко Я.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Холодильна частина картоноробної машини відіграє важливу роль в технології отримання якісної картонної продукції. Охолодження картонного полотна дозволяє зробити його достатньо м'яким та еластичним і придатним для каландрування, а також запобігає електризації сухого картону під час тертя [1]. У якості холодоагенту в основному використовується холодна вода. Стандартна конструкція холодильного циліндру передбачає, що холодоагент подається в середину холодильного циліндру і розподіляється по периферії внутрішньої поверхні, а відпрацьований холодоагент відбирається з бічних сторін циліндру [2].

Основна конструкція холодильного циліндру представлена на рисунку 1.



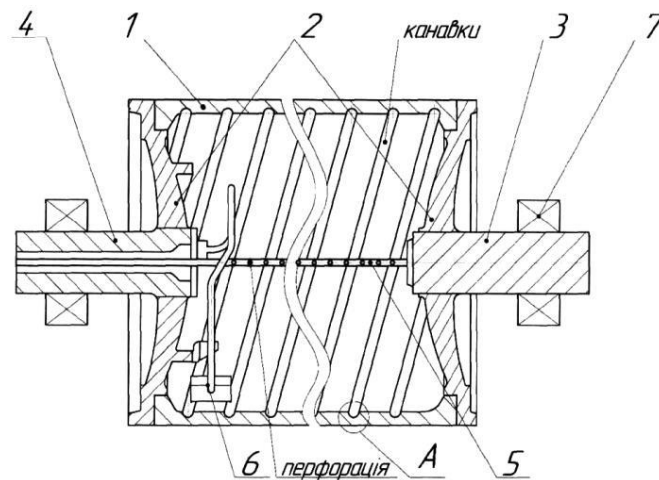
1 – оболонка циліндру; 2 – гладке покриття оболонки циліндру; 3 – цапфа

Рисунок 1 – Схема конструкції холодильного циліндру

Важливим фактором в конструкціях холодильних циліндрів являється шорсткість їх поверхні, оскільки від цього залежить інтенсивність тепловіддачі від поверхні циліндру до картонного полотна. У зв'язку із цим поверхні холодильних циліндрів покривають шаром гладкого матеріалу, наприклад, хрому. Крім цього інтенсивність охолодження картонного полотна залежить від способу подачі холодної води в порожнину циліндру, а також відведення вже



нагрітої води. Конструкція холодильного циліндру із системами подачі і відведення холодоагенту зображено на рисунку 2.



1 – оболонка циліндру; 2 – кришка; 3 – привідна цапфа; 4 – цапфа із каналами для подачі і відведення холодоагенту; 5 – перфорована трубка; 6 – черпак; 7 – підшипник

Рисунок 2 – Вдосконалена конструкція холодильного циліндру

Холодильний циліндр працює наступним чином: попередньо висушене та нагріте полотно потрапляє на зовнішню поверхню холодильного циліндра 1, що обертається. Холодоагент через перфоровану трубку 5, яка направлена отворами на внутрішню поверхню холодильного циліндра 1, подається під тиском в його внутрішню порожнину. На внутрішній поверхні циліндра утворюється шар холодоагенту, що відкачується черпаком 6 назовні. Під час потрапляння в канавки холодоагент збільшує свою турбулентність, а напрямок нарізки частково спрямовує потік холодоагенту до черпака, полегшуючи його відведення.

#### Перелік посилань:

1. Чичаев А.А. «Оборудование целлюлозно-бумажного производства» в двух томах. Том 2 «Бумагоделательные машины» / Чичаев А.А. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 264 с.
2. Новиков Н.Е. Прессование бумажного полотна. / Новиков Н.Е. – М.: Лесная промышленность, 1972. – 240 с.

**СЕКЦІЯ 3  
«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА»**

УДК 531/534

## ВИЗНАЧЕННЯ ПРОЕКЦІЙ ШВИДКОСТІ ТА ПРИСКОРЕННЯ ТОЧКИ В ЦИЛІНДРИЧНІЙ СИСТЕМІ КООРДИНАТ

студентка Заболотна Н. В., к.т.н., доцент Штефан Н. І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Розглянемо отримання виразів проекцій швидкості та прискорення точки на прикладі її руху в даній циліндричній системі координат. Рівняння руху точки:  $r = r(t)$ ;  $\varphi = \varphi(t)$ ;  $z = z(t)$ .

Насамперед, запишемо формули зв'язку декартових координат із циліндричними. Наступним кроком є введення криволінійних координат:  $q_1 = r$ ,  $q_2 = \varphi$ ,  $q_3 = z$ . Після цього переходимо до коефіцієнтів Ляме, загальні формули визначення яких мають вигляд:  $ds_1 = H_1 dq_1$ ;  $ds_2 = H_2 dq_2$ ;  $ds_3 = H_3 dq_3$ , де  $H$  – шуканий коефіцієнт. Підставивши відповідні криволінійні координати, отримаємо:  $ds_1 = dr$ ;  $ds_2 = r d\varphi$ ;  $ds_3 = dz$ . Таким чином,  $H_1 = 1$ ,  $H_2 = r$ ,  $H_3 = 1$ .

Тепер перейдемо до розкладання швидкості по одиничних ортах осей криволінійної системи координат. Для цього використаємо такі формули:  $V_{q_1} = \dot{q}_1 H_1$ ;  $V_{q_2} = \dot{q}_2 H_2$ ;  $V_{q_3} = \dot{q}_3 H_3$ . Тоді проекції швидкості дорівнюють:  $V_{q_1} = V_\rho = \dot{r}$ ;  $V_{q_2} = V_\varphi = r\dot{\varphi}$ ;  $V_{q_3} = V_z = \dot{z}$ .

Перейдемо безпосередньо до визначення прискорення точки. Для цього запишемо вираз для допоміжної функції  $T$  ( $T$  – кінетична енергія точки одиничної маси):  $T = \frac{v^2}{2} = \frac{1}{2}(r'^2 + r^2\dot{\varphi}^2 + \dot{z}^2)$ . Звідси знайдемо  $\frac{\partial T}{\partial q_j}$ ;  $\frac{\partial T}{\partial q_j}$ ;  $\frac{\partial T}{\partial \dot{r}} = \dot{r}$ ;  $\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} = r^2\dot{\varphi}$ ;  $\frac{\partial T}{\partial \dot{z}} = \dot{z}$ ;  $\frac{\partial T}{\partial r} = r\dot{\varphi}^2$ ;  $\frac{\partial T}{\partial \varphi} = 0$ ;  $\frac{\partial T}{\partial z} = 0$ . І тільки тепер ми можемо обчислити проекції прискорення точки на осі криволінійної системи координат за допомогою наступної формули:  $W_{q_j} = \frac{1}{H_j} \left[ \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_j} \right]$ . Виконавши всі необхідні підстановки, отримаємо:  $W_\rho = \ddot{r} - r\dot{\varphi}^2$ ;  $W_\varphi = r\ddot{\varphi} + 2\dot{r}\dot{\varphi}$ ;  $W_z = \ddot{z}$ .

УДК 531/534

## ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ТА ПРИСКОРЕННЯ ТОЧКИ У КРИВОЛІНІЙНИХ КООРДИНАТАХ

студент Іванов Д.В., к.т.н., доцент Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Розглянемо одержання швидкості та прискорення точки при русі у криволінійних координатах. Для цього запишемо вираз для швидкості в криволінійних координатах:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}(q_1, q_2, q_3)}{dt} = \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_1} \dot{q}_1 + \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_2} \dot{q}_2 + \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_3} \dot{q}_3.$$

Із формул про одиничні вектори криволінійної координатної системи  $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$  маємо, що  $\frac{\partial \vec{r}}{\partial q_1} = H_1 \vec{e}_1$ ,  $\frac{\partial \vec{r}}{\partial q_2} = H_2 \vec{e}_2$ ,  $\frac{\partial \vec{r}}{\partial q_3} = H_3 \vec{e}_3$ . Тоді

$$\vec{v} = \dot{q}_1 H_1 \vec{e}_1 + \dot{q}_2 H_2 \vec{e}_2 + \dot{q}_3 H_3 \vec{e}_3.$$

Оскільки криволінійна система координат є ортогональною, то модуль швидкості знаходимо за формулою:

$$v = \sqrt{\dot{q}_1^2 H_1^2 + \dot{q}_2^2 H_2^2 + \dot{q}_3^2 H_3^2}.$$

Тепер визначимо прискорення точки у цих координатах. Для цього спочатку знайдемо проекції вектора прискорення на координатні осі:

$$w_{q_1} = \vec{w} \cdot \vec{e}_1 = \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \frac{1}{H_1} \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_1}, w_{q_2} = \vec{w} \cdot \vec{e}_2 = \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \frac{1}{H_2} \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_2},$$

$$w_{q_3} = \vec{w} \cdot \vec{e}_3 = \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \frac{1}{H_3} \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_3}.$$

Якщо праву частину подати у вигляді  $H_j w_{q_j} = \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_j} = \frac{d}{dt} \left( \vec{v} \cdot \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_j} \right) - \vec{v} \cdot \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_j} \right)$ ,  $j = 1, 2, 3$ , то отримаємо:  $\frac{\partial \vec{v}}{\partial \dot{q}_j} = \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_j}$ .

Підставивши значення  $\frac{\partial \vec{r}}{\partial q_i}$  з цієї тотожності, запишемо:

$$H_j w_{q_j} = \frac{d}{dt} \left( \vec{v} \cdot \frac{\partial \vec{v}}{\partial \dot{q}_j} \right) - \vec{v} \cdot \frac{\partial \vec{v}}{\partial \dot{q}_j}.$$

Тепер знайдемо проекції прискорення точки на осі криволінійної системи координат:

$$w_{q_j} = \frac{1}{H_j} \left[ \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial}{\partial \dot{q}_j} \left( \frac{v^2}{2} \right) \right) - \frac{\partial}{\partial q_j} \left( \frac{v^2}{2} \right) \right]$$

УДК 621

## ПОБУДОВА МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ, ЯКІ Є АНАЛОГАМИ ЕЛЕКТРИЧНИХ

студент Кот А.С., к.т.н., доцент Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Для електричного кола (рис.1) побудуємо механічні системи, які є аналогами електричних. Так як досліджуване електричне коло має 4 степені вільності, то за узагальнені координати приймемо кількості електрики, а за узагальнені швидкості - сили струмів в контурах.

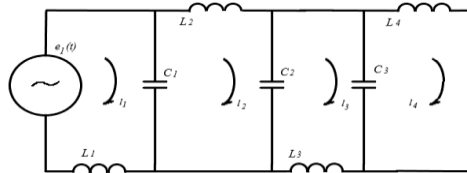


Рисунок 1

Визначимо енергії магнітного і електричного поля. Скористаємося рівнянням Лагранжа-Максвелла. Отримаємо в результаті рівняння поступальних коливань

$$\begin{aligned} m_1 x_1 + c_1(x_1 - x_2) &= p_1(t), \\ m_2 x_2 + c_1(x_1 - x_2) + c_2(x_2 - x_3) &= 0, \\ m_3 x_3 - c_2(x_2 - x_3) + c_3(x_3 - x_4) &= 0, \\ m_4 x_4 - c_4(x_3 - x_4) &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

а також крутильних коливань дисків на пружному валу

$$\begin{aligned} I_1 \varphi_1 + c_1^{kp}(\varphi_1 - \varphi_2) &= M_1(t), \\ I_2 \varphi_2 - c_1^{kp}(\varphi_1 - \varphi_2) + c_2^{kp}(\varphi_2 - \varphi_3) &= 0, \\ I_3 \varphi_3 - c_2^{kp}(\varphi_2 - \varphi_3) + c_3^{kp}(\varphi_3 - \varphi_4) &= 0, \\ I_4 \varphi_4 - c_3^{kp}(\varphi_3 - \varphi_4) &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Отже, отримуємо, що системі рівнянь (1) відповідає механічна система, яка складається, наприклад, із зв'язки вагонів або система (2) крутильних коливань (рис.2) :

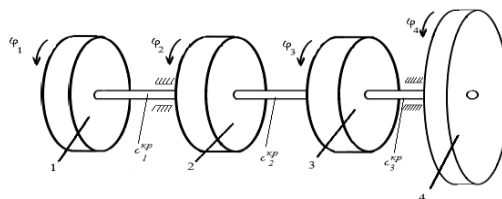


Рисунок 2

УМОВА НЕВАГОМОСТІ

студент Нікулічев Д. В., к.т.н., доцент. Штефан Н. І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Застосуємо принцип Д'Аламбера для визначення умови невагомості. 3

нього впливає, що

$$\vec{R} = m\vec{w} - \vec{F}.$$

Відчуття невагомості виникає, коли реакція основи на якій стоїть людина, дорівнює нулю. Розглянемо приклад визначення перенавантажень, що зазнає пілот при русі літака зі швидкістю  $\vec{v}$ , по колу радіусом  $r$ , у вертикальній площині. Знайдемо співвідношення між  $r$  та  $\vec{v}$ , при якому пілот, що перебуває в літаку, буде відчувати в даний момент часу ефект невагомості. При польоті в горизонтальній площині пілот відчуває свою вагу завдяки реакції сидіння

$$\vec{R} = -\vec{P}.$$

Якщо ж літак рухається по колу у вертикальній площині, то на пілота діють: сила тяжіння -  $\vec{P}$ , реакція сидіння -  $\vec{R}$ . При цьому сила інерції  $\vec{O} = -m\vec{w}$ .

Враховуємо, що  $\Phi = mv^2/r$ . В проекціях сил на вертикальну вісь, отримуємо:

$$R = P \left( 1 - \frac{v^2}{rg} \right).$$

Отже невагомість настає, коли  $R = 0$ , тобто  $\left( 1 - \frac{v^2}{rg} \right) = 0$  або  $v^2 = rg$ .(1)

Дотримуючись співвідношення  $v = \sqrt{R_3 g}$  ( $R_3$  - радіус Землі) можна визначити необхідну швидкість для отримання ефекту невагомості для космонавта на коловій орбіті Землі. Висота польоту супутника набагато менша порівняно з радіусом Землі, тому можна вважати що  $r \approx R_3$ ,  $R_3 = 6371$ км. Підставимо ці значення у вираз (1) і отримаємо значення першої космічної швидкості:

$$v_k = \sqrt{R_3 g} = \sqrt{6.37 \cdot 10^6 \cdot 9.8} \approx 7.9 \text{ км/с}.$$

## УМОВА СТІЙКОСТІ ОБЕРТАННЯ ТВЕРДОГО ТІЛА НАВКОЛО ГОЛОВНИХ ОСЕЙ ІНЕРЦІЇ

студент Черниш І.С., к.т.н., доцент Штефан Н. І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Припустимо, що тверде тіло, яке має нерухому точку, обертається за інерцією навколо осі зі сталою кутовою швидкістю  $\omega = \text{const}$  навколо осі, яка збігається з однією із головних осей інерції, наприклад з віссю  $Oy$ . Тоді проекції кутових швидкостей запишемо так:  $\omega = \omega_y = \text{const}; \omega_x = \omega_z = 0$ . Їх значення отримаємо при розв'язанні динамічних рівнянь Ейлера. З'ясуємо чи стійким буде таке обертання твердого тіла.

Визначення стійкості руху у загальному випадку формулюють так: незбурений рух системи, який визначається її розв'язком, називають стійким по відношенню до його змінних, якщо при малих збуреннях початкових умов - швидкостей і відхилень - збурений рух системи майже не буде відрізнятися від незбуреного або відхилення лежатимуть у заданих межах.

Проведемо дослідження зміни кутової швидкості  $\omega$ . Якщо він отримує мале збурення  $\Delta\omega$ , при якому проекції на головні осі будуть такими:

$$\omega_x = 0 + \Delta\omega_x; \omega_y = \omega + \Delta\omega_y; \omega_z = 0 + \Delta\omega_z,$$

(де  $\Delta\omega_x, \Delta\omega_y, \Delta\omega_z$  – малі прирости кутових швидкостей), то, використовуючи динамічні рівняння Ейлера, отримуємо висновки щодо умови стійкості обертання тіла за інерцією у вигляді:

$$(I_z - I_y)(I_y - I_x) < 0.$$

Ця нерівність виконується, якщо  $I_y > I_z, I_y > I_x$  або  $I_y < I_z, I_y < I_x$ .

Відповідно до проведених обчислень очевидно, що обертання твердого тіла буде стійким відносно тієї головної осі інерції, значення моменту інерції відносно якої буде або найбільшим або найменшим.

## СТАТИЧНА СТІЙКІСТЬ ПОЛОЖЕННЯ РІВНОВАГИ ТВЕРДОГО ТІЛА

студент Чернов С. В., к.т.н. доцент Штефан Н. І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Положення статичної рівноваги тіла є статично стійким, якщо при незначному відхиленні тіла від цього положення момент, який повертає тіло в положення рівноваги, буде більшим за збурюючий момент, що відхиляє тіло від цього положення.

Поняття стійкості статичної рівноваги тіла – це лише необхідна умова стійкості положення рівноваги тіла, коли відсутній рух тіла, тобто без урахування динаміки тіла і збурення вихідних умов.

Більшість одноланкових тіл зводяться до схеми фізичного маятника з верхньою або нижньою маятниковістю.

Для збереження вертикального положення тіла з верхньою маятниковістю відносно опори цього тіла, необхідно створити момент сил, який би не давав тілу змінювати своє положення. Прикладами є крани з рухомою основою, та об'єкти що рухаються по поверхні, по воді або в повітрі.

Системи з нижньою маятниковістю втілюють, наприклад, у рухомих об'єктах, що переміщуються по воді або у воді. У таких об'єктах реалізують схему фізичного маятника, тобто у цих об'єктах центр прикладання гідростатичних сил Архімеда завжди вищий центра ваги цієї конструкції.

До схеми з верхньою маятниковістю зводяться також конструкції, що прикріплені до основи.

Якщо тверде тіло не прикріплене до основи, то для дотримання статичної рівноваги тіла його сила не повинна виходити за межі основи, щоб не створити момент сили ваги, який перекине його.

Отже, коли система не має статичної стійкості, стійкості не буде взагалі. Тому статична стійкість системи – необхідна умова будь-якої її стійкості.



## ВРАХУВАННЯ ДОБОВОГО ОБЕРТАННЯ ЗЕМЛІ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ПРИСКОРЕННЯ ЛІТАКА

студентка Чорна В.О., к.т.н., доцент Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Дослідимо питання визначення прискорення літака з врахуванням добового обертання Землі з кутовою швидкістю  $\omega_3$ . Відомо, що обертання Землі дає додатково дві складові кутові швидкості (рис. 1):

$$\omega_\theta = \omega_3 \cos \theta, \quad \omega_r = \omega_3 \sin \theta.$$

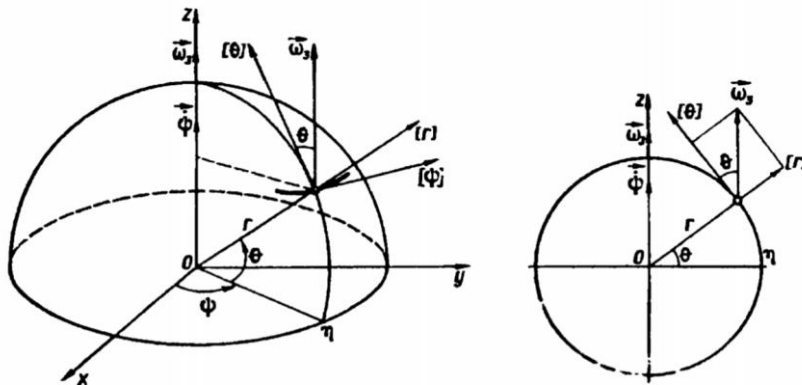


Рисунок 1 – Система координат кутової швидкості

Кутові швидкості, які характеризують зміни координат  $\psi$  та  $\theta$ , мають вигляд:

$$\dot{\psi} = \frac{v_0}{r \cos \theta} + \omega_3 = \frac{v_0 + \omega_3 r \cos \theta}{r \cos \theta} = \frac{v'_0}{r \cos \theta}, \quad \dot{\theta} = \frac{v_N}{r}.$$

З урахуванням добового обертання Землі для обчислення прискорення літака в нерухомій системі координат отримуємо:

$$w_r = \frac{v_0^2 + v_N^2}{R+h} - 2v_0\omega_3 \cos \theta - \omega_3^2 (R+h)^2 \cos^2 \theta,$$

$$w_\psi = \dot{v}_0 - \frac{v_0 v_N}{R+h} \operatorname{tg} \theta - 2\omega_3 v_N \sin \theta,$$

$$\omega_\theta = \dot{v}_N + \frac{v_0^2}{R+h} \operatorname{tg} \theta + 2v_0\omega_3 \sin \theta + \omega_3^2 (R+h) \cos \theta \sin \theta.$$

Ці вирази визначають прискорення літака.

## ПЕРЕХІД ВІД РУХОМОЇ ДО НЕРУХОМОЇ СИСТЕМИ КООРДИНАТ

студент Литвин О.В., к.т.н., доц. Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Дослідимо рух точки  $M$ , положення якої в рухомій системі координат  $OXYZ$  визначається радіус вектором  $\vec{\rho}$ , а у нерухомій системі координат  $A\xi\eta\zeta$  - радіус-вектором  $\vec{r}$ . Тоді, як відомо  $\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{\rho}$  або:

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}. \quad (1)$$

Запишемо (1) в скалярній формі через проекції на осі нерухомої системи координат. Для цього необхідно знати проекції ортів на осі нерухомої системи координат. Будуємо матрицю напрямних косинусів переходу від система координат  $OXYZ$  до системи  $A\xi\eta\zeta$ :

$$\vec{A}_1 = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} \quad (2)$$

**Формули перетворення координат точки при переході від рухомих координат до нерухомих координат.** За допомогою матриці (2) векторне співвідношення (1) набуває вигляду:

$$\|\xi, \eta, \zeta\|^T = \|a_{ij}\| \|x, y, z\|^T + \|\xi_0, \eta_0, \zeta_0\|^T. \quad (3)$$

Запишемо тепер векторне співвідношення (1) у формі проекцій на осі нерухомої системи координат:

$$\begin{aligned} \xi &= \xi_0 + a_{11}x + a_{12}y + a_{13}z, \\ \eta &= \eta_0 + a_{21}x + a_{22}y + a_{23}z, \\ \zeta &= \zeta_0 + a_{31}x + a_{32}y + a_{33}z. \end{aligned} \quad (4)$$

Ці складні співвідношення виражають як функції часу координати довільної точки у нерухомій системі координат, коли відомі 15 функцій часу.

Співвідношення (4) являють собою формули перетворення координат точки  $M$  при переході від рухомої до нерухомої системи координат. Аналогічно можна скласти формули оберненого переходу, тобто формули перетворення координат точки при від нерухомої до рухомої системи координат.

УДК 531/534

## КОЕФІЦІЄНТ ДИНАМІЧНОСТІ

студент Печерний Д.В., к.т.н., доц. Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Дослідимо залежність амплітуди збурених коливань, які мають частоту збуреної сили, від відношення частоти  $\omega$  до частоти вільних коливань  $k$ , тобто від величини  $z = \omega k^{-1}$ , яка називається *коефіцієнтом розстрою*.

Для цього розглянемо статичне відхилення  $A_0$  точки М від положення рівноваги під дією сили, яка дорівнює максимальному значенню  $H_0$  збуреної сили:  $A_0 = H_0 c^{-1} = H k^{-2}$ . Відношення амплітуди  $A$  збурених коливань, які визначаються на підставі  $A = \frac{H}{k^2 - \omega^2}$ , до величини  $A_0$ , називається *коефіцієнтом динамічності*  $\mu$ .

$$\text{При } k < \omega: \mu = \frac{A}{A_0} = \frac{H(\omega^2 - k^2)^{-1}}{Hk^{-2}} = \frac{1}{\omega^2 k^{-2} - 1} = \frac{1}{z^2 - 1}.$$

$$\text{При } k > \omega: \mu = \frac{A}{A_0} = \frac{H(k^2 - \omega^2)^{-1}}{Hk^{-2}} = \frac{1}{1 - \omega^2 k^{-2}} = \frac{1}{1 - z^2}.$$

Отже, коефіцієнт динамічності  $\mu$  пов'язаний з коефіцієнтом розстрою  $z$  залежністю

$$\mu = \frac{1}{|1 - z^2|}.$$

Графік цієї функції поданий на рис.1.

При  $0 < z < 1$  відбуваються збурені коливання частоти  $\omega < k$ . Коефіцієнт динамічності  $\mu$  зростає від одиниці до нескінченності. При  $z > 1$  відбуваються збурені коливання з частотою  $\omega > k$ .

При  $z \rightarrow \infty$  коефіцієнт динамічності  $\mu$  зменшується до нуля, а при  $z \rightarrow 1$ ,  $\mu \rightarrow \infty$ .

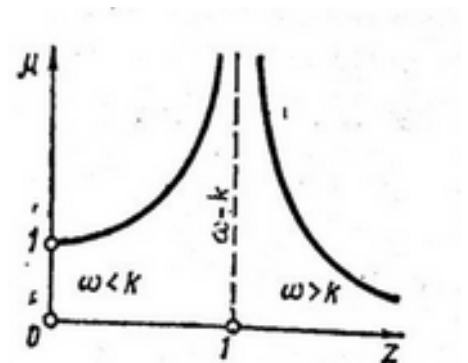


Рис. 1

## ДИНАМІЧНІ РІВНЯННЯ РУХУ МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ ЗА НЕСТАЦІОНАРНОЇ В'ЯЗИ

студент Трачук Є.В., к.т.н., доц. Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

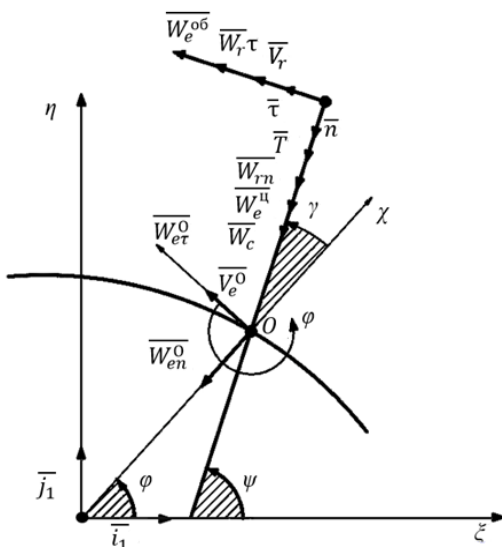
Дослідимо рух вантажу  $M$  маси  $m$  в горизонтальній площині, що пов'язаний нерозтяжною ниткою  $OM$  з точкою  $O$ , яка є рухомою та здійснює у тій самій площині рух по колу радіуса  $OA = a$  за кінематичним рівнянням  $\varphi = \varphi(t)$ .

Складемо диференціальні рівняння руху цього вантажа, розглядаючи його як невільну матеріальну точку, на яку накладені в'язі: нерухома площина  $A\xi\eta$  ( $f_2$ ) та нерозтяжна нитка  $OM$  з рухомою точкою  $O$  ( $f_1$ ). Така нитка являє собою геометричну нестационарну в'язь. Знехтуємо впливом опору середовища, обертанням Землі та тертям ковзання по площині. Тоді рух матеріальної точки  $M$ , виведеної із стану спокою, буде відбуватися тільки завдяки накладеній на неї нестационарній в'язі.

Скористаємось методом Лагранжа першого роду. Запишемо рівняння в'язей, накладених на матеріальну точку  $M$ :

$$f_1(\xi, \eta, \zeta, t) = l^2 - (\xi - a \cos \varphi)^2 - (\eta - a \sin \varphi)^2 = 0,$$

$$f_2(\xi, \eta, \zeta, t) = \zeta = 0.$$



Отримаємо що

$$m\ddot{\xi} = \lambda \frac{\partial f_1}{\partial \xi}, \quad m\ddot{\eta} = \lambda \frac{\partial f_1}{\partial \eta}.$$

Ці рівняння складають замкнену систему рівнянь відносно невідомих  $\xi$ ,  $\eta$  та множника  $\lambda$ .

При цьому реакція в'язі  $\vec{T}$  (натяг нитки)  $OM$  визначається за співвідношенням

$$T = \lambda |\overrightarrow{\text{grad}} f_1| = \lambda \sqrt{(\partial f_1 / \partial \xi)^2 + (\partial f_1 / \partial \eta)^2}.$$

## МЕХАНІЧНИЙ ЗМІСТ ПЕРЕНОСНИХ КІНЕМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

студент Кромбет М.О., к.т.н., доцент Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Дослідимо механічний зміст переносних кінематичних характеристик точки. Він буде різним в залежності від характеру руху тіла, з яким пов'язана рухома система координат. Запишемо теореми складного руху точки, а саме для частини переносного руху:

$$\vec{v}_e = \vec{v}_0 + \vec{\Omega} \times \vec{\rho} \quad (1)$$

$$\vec{w}_e = \vec{w}_0 + \frac{d\vec{\Omega}}{dt} \times \vec{\rho} + \vec{\Omega} \times (\vec{\Omega} \times \vec{\rho}). \quad (2)$$

1. Якщо тіло  $G$  поступально рухається у нерухомій системі координат, тоді вектори  $\vec{v}_0$  та  $\vec{w}_0$  будуть відповідно  $\vec{v}$  та  $\vec{w}$  цього тіла, а вектори  $\vec{\Omega}$  та  $\frac{d\vec{\Omega}}{dt}$  будуть тотожними нулями.

2. Тверде тіло виконує обертальний рух навколо нерухомої осі. Тоді  $\vec{v}_0 = 0$  та  $\vec{w}_0 = 0$  і кінематичними характеристиками переносного руху будуть кутові швидкість  $\vec{\Omega} = \vec{\omega}$  та прискорення  $\frac{d\vec{\omega}}{dt} = \vec{\varepsilon}$ . У цьому випадку співвідношення (1) та (2) збігаються з виразами лінійних  $\vec{v}$  та  $\vec{w}$  довільної точки твердого тіла в обертальному русі.

3. Тіло  $G$  здійснює плоско паралельний рух. Тоді (1) та (2) збігаються з виразами для визначення лінійних  $\vec{v}$  та  $\vec{w}$  довільної точки тіла, що здійснює плоско паралельний рух, вектори  $\vec{v}_0$  та  $\vec{w}_0 = \vec{v}$  та  $\vec{w}$  полюса  $O$ , а вектори  $\vec{\omega}$  та  $\vec{\varepsilon}$  – кутові швидкість та прискорення.

Провівши аналогічні дії для випадків руху навколо нерухомої точки та вільного руху можемо помітити, що підсумовуючи всі результати маємо що, незалежно від характеру руху рухомої системи координат  $\vec{v}_e$  та  $\vec{w}_e$  точки за її складним рухом можна визначати як лінійні  $\vec{v}$  та  $\vec{w}$  точки рухомої системи координат, з якою у даний момент часу збігається точка тіла.

**СЕКЦІЯ 4  
«ДЕТАЛІ МАШИН»**

УДК 621.822.845

## ЗМАЩУВАННЯ СФЕРИЧНИХ РОЛИКОВИХ ПІДШИПНИКІВ

студенти: Айтубаєв І.І., Супруненко М.І., доц. Скуратовський А.К.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

Змащування—це основний процес, який гарантує нормальне функціонування підшипника. Мастило в підшипнику потрібне для того, щоб запобігти контакту між тілами кочення і доріжками на кільцях за допомогою створення між ними масляної плівки. Крім того, мастило зменшує шум і знижує тертя в підшипнику. Додатковими функціями мастила можна назвати захист від корозії і відведення тепла від підшипника. Внутрішня конструкція сферичних роликових підшипників така, що в процесі роботи мастило виштовхується з зон контакту тіл кочення і доріжок, в результаті чого втрачається значний об'єм мастила. У зв'язку з цим, для коефіцієнта швидкості обертання  $N.Dm \leq 100000$  компанія NTN-SNR запропонувала нову концепцію змащування підшипників.



Концепція такого змащування полягає в застосуванні пористої полімерної матриці, що містить велику кількість мастила. Ця матриця заповнює весь вільний внутрішній об'єм підшипника, вона може містити в 3-4 рази більше мастила, ніж при звичайному змащуванні.

Полімерне пластифіковане мастило особливо ефективно в умовах, коли на підшипник впливають вібрації слабкої амплітуди і виникає значний ризик появи помилкового брінелювання. В умовах впливу відцентрових навантажень звичайне мастило може швидко витекти, а пластифіковане мастило зберігається підшипнику і забезпечує його роботу протягом декількох тисяч годин. З таким мастилом експлуатаційні показники сферичних роликових підшипників можуть бути поліпшені в кілька разів.

УДК 621.882.55

## УПОРНІ РОЛИКОВІ ПІДШИПНИКИ

студенти: Ковальов Р.В., Хоменко М.В., доц. Скуратовський А.К.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

Упорні роликові підшипники складаються з сепаратора з тілами кочення і опорних кілець, причому одне з опорних кілець є "тугим" - як таке, що обертається разом з валом, а інше кільце є "вільним" - де вал вільно обертається усередині такого кільця. Сепаратори таких підшипників центрують по валу з метою граничного зменшення ковзання щодо кілець. Вони сприймають виключно осьові навантаження.



Для зменшення ковзання між роликами і доріжками кочення кілець, що виникає через різницю лінійних швидкостей, в гніздо сепаратора замість одного довгого ролика встановлюють декілька коротких роликів. Вони сприймають значні осьові навантаження в жорстких опорах з невеликими габаритними розмірами, але придатні тільки для дуже низької частоти обертання. В упорних роликотпідшипниках з конічними роликами вершини конусів зазвичай перетинаються в одній точці на осі підшипника. Обидва кільця виконують з бортами, або одне кільце з бортом, а інше плоске. У цих підшипниках тертя ковзання виникає між торцями роликів і бортами кілець. При низькій частоті обертання підшипник можна використовувати без сепаратора.



УДК 621.822.845

## СФЕРИЧНІ РОЛИКОВІ ПІДШИПНИКИ

студенти: Полякова В.І., Подвенцова Д.Д., доц. Скуратовський А.К.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

Сферичні самоустановлювальні роликові підшипники мають внутрішнє кільце і зовнішнє кільце з біговою доріжкою сферичної форми на внутрішній поверхні, між якими розміщені тіла кочення у вигляді одного або двох рядів роликів, які мають бочкоподібну форму та сепаратор, що розділяє тіла кочення.



Кільця та тіла кочення можуть бути виготовлені з різних матеріалів, але найбільш поширеною є «хромована сталь» (сталь з вмістом приблизно 1,5% хрому). Їх

використовують в опорах довгих багатоопорних валів, а також в механічних вузлах з окремо розташованими підшипниковими корпусами, якщо установка корпусом на одній загальній плиті нераціональна. Вони є самоустановлювальні, оскільки центр кривини доріжки зовнішнього кільця збігається з віссю підшипника і здатні компенсувати неспіввісність, що утворилася в результаті прогину вала під дією навантаження, а також внаслідок технічних похибок при складанні вузла. При установці в опорі двох однорядних підшипників поруч, властивість самоустановлювальності втрачається. Такі підшипники рекомендується застосовувати в вузлах, де вантажність самоустановлювальних кулькових дворядних сферичних підшипників недостатня. Сферичні роликові самоустановлювальні підшипники успішно використовуються в приводах швидкісних ліфтів, встановлених у найвищій в світі телевізійної вежі Tokyo Sky Tree (Небесне дерево Токіо) висотою 634 метри.

УДК 621.822.845

## ЕКСЦЕНТРИКОВІ РОЛИКОВІ ПІДШИПНИКИ

студенти: Поліщук Д.М., Сацердотов О.О., доц. Скуратовський А.К.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

Ексцентрикний підшипник використовується в механізмах виконавчої ланки робочого органу механічного приводу машини, що перетворює обертальний рух в коливальний з меншою частотою. При цьому спрощується конструкція механічних приводів різних циклових машин за рахунок використання гладкого вхідного вала, а також забезпечується можливість реалізації заданого закону руху вихідної ланки. Ексцентрикний підшипник виконує одночасно функції опори кочення, редуктора і ексцентрика (оскільки



внутрішнє кільце розташоване ексцентрично щодо вала), що істотно спрощує конструкцію і технологію виготовлення приводу.

При обертанні внутрішнього кільця навколо своєї осі, тіла кочення перекочуються разом з сепаратором в тому ж напрямку з певним передатним відношенням, змушуючи переміщатися зовнішнє кільце навколо осі ведучого внутрішнього кільця, викликаючи окружний коливальний рух зовнішнього кільця. Так як осі внутрішнього і зовнішнього кілець не збігаються і зміщені відносно один одного на величину ексцентриситету, обертальний рух ведучого кільця викликає окружний коливальний рух веденого кільця навколо осі ведучого. Для зниження динамічних навантажень передачі застосовують здвоєний ведучий ексцентрик. Одержуваний вид руху веденого кільця можна використовувати в різних технологічних операціях. Основний ефект від його застосування полягає в тому, що в приводі не потрібен редуктор. Ексцентрикний роликний підшипник має ще одну перевагу, це простота збирання.

УДК 621.822.845

## ТИПОВІ ПОШКОДЖЕННЯ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ

студенти: Калиновський А.С., Шарипов Я.М., доц. Скуратовський А.К.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

Виробництво підшипників кочення здійснюється в умовах жорстких вимог до якості підшипників. При ідеальних робочих умовах підшипники можуть експлуатуватися без пошкодження протягом багатьох років. Термін служби підшипників кочення залежить від умов виробництва, зберігання, обслуговування, установки та навантаження. Внаслідок того, що робочі умови рідко бувають ідеальними, підшипники ніколи не реалізують своїх потенційних можливостей з точки зору ресурсу використання внаслідок їх пошкоджень. Нижче наведені найбільш поширені типові пошкодження підшипників.



Руйнування поверхні через втому пов'язане із проблемами змащування (невідповідність мастила, її низька в'язкість та розриви масляної плівки). При цьому поверхня доріжки починає відшаровуватися та розтріскуватися. Викришування поверхні може означати, що підшипник вже вичерпав свій ресурс втоми. Розколювання та роздроблення деталей відбувається внаслідок перевантаження підшипника. Вихід з ладу сепаратора найчастіше виникає через утворення в ньому тріщин при вигинанні. Задирання у вигляді глибоких подряпин на доріжках і тілах кочення виникає внаслідок абразивного зношування. Атмосферна корозія викликається вологою, що потрапляє в підшипник із атмосфери і розриває масляну плівку. Неспіввісність кілець призводить до фреттінг-корозії, яка виникає на посадкових поверхнях підшипника на вал.

УДК 621.822.845

## **МАСТИЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ПІДШИПНИКІВ**

студенти: Шашков В.О., Данчишен І.А., доц. Скуратовський А.К.

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»**

Мастильний матеріал в підшипниках кочення застосовують з метою зниження зношування в контактні тіла кочення з кільцями і сепаратором. Він уберігає тіла кочення, кільця і сепаратор від безпосереднього контакту і корозії та забезпечує відведення теплоти. Вибір правильного типу і умов змащування є важливою частиною нормальної та тривалої роботи підшипника. Вибір виду мастильного матеріалу залежить від умов експлуатації і головним чином від температури підшипника, частоти обертання, діючих навантажень, конструкції підшипника і підшипникового вузла. При цьому повинні бути враховані спеціальні вимоги до моменту тертя та терміну служби мастильного матеріалу.

Змащування підшипників виконують за допомогою рідких масел і пластичних мастильних матеріалів. У деяких випадках використовують тверді мастильні матеріали. Пластичні мастила одержують загушенням мінеральних, рослинних або синтетичних масел. Вони складаються з рідкого масла, твердого загусника, присадок і добавок. Для змащування підшипників не варто використовувати мастила, які містять масла рослинного та тваринного походження у чистому вигляді, оскільки вони можуть містити велику кількість органічних кислот, провокуючих виникнення корозії, а також здатні міняти свої фізичні та хімічні властивості під час роботи. Тверді мастила— це кристалічні речовини, що мають мастильні властивості: графіт, дисульфід молібдену і вольфраму, нітрид бору, сульфат срібла, які використовують в основному у вигляді порошків або паст. Для підшипників, що працюють в особливо важких умовах (глибокий вакуум, дуже низькі або дуже високі температури) тверді мастила (колоїдальний графіт і інш.) застосовують в розпиленому стані.

**СЕКЦІЯ 5  
«ФІЗИКА»**

УДК 530.145.63: 004.45

## ІСТОРІЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ КВАНТОВИХ КОМП'ЮТЕРІВ

студенти Бассак А.О., Заборіна В.Д., старший викладач Печерська Т. В

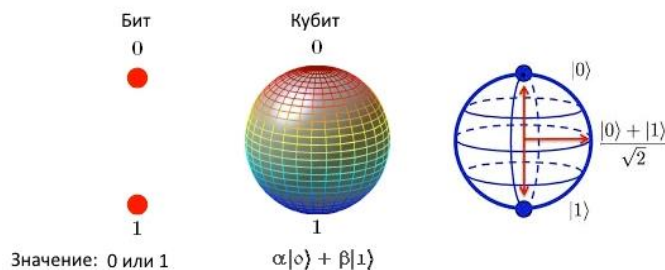
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Квантовий комп'ютер** – це обчислювальний пристрій, який використовує явища квантової механіки для передачі й обробки даних.

Ідея квантових обчислень була незалежно запропонована Юрієм Манінім і Річардом Фейнманом на початку 80-х років минулого століття. З тих пір була пророблена колосальна робота з їх створення. Однак повноцінний універсальний квантовий комп'ютер усе ще є гіпотетичним пристроєм, можливість розробки якого пов'язана з серйозним розвитком квантової теорії.

Основна відмінність квантового комп'ютера від класичного полягає в поданні інформації. У звичайних комп'ютерах, що працюють на основі транзисторів і кремнієвих чіпів, для обробки інформації використовується бінарний код. Біт, як відомо, має два базових станів – нуль та одиницю, і може перебувати тільки в одному з них. У квантовому комп'ютері аналогом біта є кубіт (квантовий біт), який завдяки принципу суперпозиції знаходиться в двох станах одночасно.



Як в класичних, так і в квантових комп'ютерах біти або кубіти об'єднані в послідовності - реєстри.

Звичайний двухбітовий реєстр може зберігати 4 значення - 00, 01, 10 або 11, але тільки одне з них в даний конкретний момент часу. А ось в двухкубітовому реєстрі одночасно знаходяться всі 4 можливих значення.



Також варто відзначити, що зміна стану певного кубіта у квантовому комп'ютері

веде до зміни стану інших часток, що є ще однією відмінністю від звичайного комп'ютера. І цією зміною можна керувати. Процес роботи КК був запропонований британським фізиком-теоретиком Девідом Дойчем у 1995 році, коли він створив ланцюжок, здатний виконувати будь-які обчислення на квантовому рівні. Згідно з його схемою, для початку береться набір кубітів і записуються їх основні параметри. Потім виконуються необхідні перетворення з використанням логічних операцій і записується отримане значення, яке і є результатом, що видаються комп'ютером. У ролі проводів виступають кубіти, а перетворення роблять логічні блоки.

Спрощено схему обчислень на квантовому комп'ютері можна представити таким чином. У якусь систему кубітів записується початковий стан, а потім над нею відбуваються унітарні перетворення, що виконують функцію потрібних нам логічних операцій. Таким чином, у квантових алгоритмах і описується послідовність унітарних операцій (також званих гейтами або вентилями) із зазначенням – над якими саме кубітами їх треба здійснювати. Результатом роботи квантового алгоритму є підсумковий стан системи кубітів.

### **Системні недоліки квантового комп'ютера**

Втім, у квантових комп'ютерів є й системні недоліки, навіть якщо не брати до уваги складність фізичної реалізації. По-перше, результат квантових обчислень носить імовірнісний характер. По-друге, для того, щоб кубіт міг існувати в стані суперпозиції нескінченно довго, потрібні вкрай специфічні умови: це повний вакуум (відсутність інших частинок), температура, максимально близька до нуля за Кельвіном (для надпровідності), і повна відсутність електромагнітного випромінювання (для відсутності впливу на квантову систему).

### **Застосування квантового комп'ютера**

Основне застосування квантових обчислень – *це штучний інтелект*. ШІ заснований на принципах навчання в процесі вилучення досвіду, стає все точніше в міру роботи зворотного зв'язку, поки, нарешті, не обзаводиться «інтелектом», нехай і комп'ютерним. Тобто самостійно навчається вирішенню завдань певного типу.

*Прогнозування дійсно точної погоди.* Квантові обчислення можуть аналізувати всі дані одночасно і заздалегідь видавати результат де і коли буде екстремальна

погода така, наприклад, як ураган. Додатковий час на підготовку і приготування може допомогти врятувати багато життів.

Директор Google по інженерії, Хартмут Невен, зазначив, що квантові комп'ютери могли б створити досконаліші моделі клімату, які можуть дати нам більш глибоке уявлення про вплив людини на навколишнє середовище. Такі моделі допомагають робити оцінку майбутнього потепління і визначити необхідні кроки для запобігання катастрофи.

*Дослідження медичних препаратів.* Хіміки мають випробувати тону різних можливих комбінацій молекул, щоб знайти ту, яка насправді має властивості, які будуть ефективними проти захворювання. Цей процес може зайняти роки і коштувати мільйони доларів. Квантовий комп'ютер буде в змозі створити трильйони комбінацій молекул і помітити ті, які з найбільшою вірогідністю будуть працювати. Це дасть можливість значно скоротити час і вартість розробки лікарських препаратів. На додачу, квантові обчислення можуть допомогти в розшифруванні секрету ДНК.

*Аналіз інформації.* Супутники постійно збирають тонни зображень і відео. Вони отримують стільки даних, що нам важко навіть уявити, але багато з них просто відсортовують як неважливі. Через це може бути втрачена важлива інформація. Квантові ж системи здатні сортувати цю гору інформації набагато швидше ніж будь який сучасний комп'ютер або людина. Також вона може вказати до яких саме зображень і відео варто придивитися пильніше, а які просто проігнорувати. Квантовий комп'ютер, як і людина, може вибрати конкретні важливі деталі з загального плану. В цьому його перевага над звичайним комп'ютером.

### **Перелік посилань:**

1. [https://blog.allo.ua/ua/kvantovi-komp-yuteri-shho-tse-yak-pratsyuyut-yaki-perspektivi\\_2018-07-39/](https://blog.allo.ua/ua/kvantovi-komp-yuteri-shho-tse-yak-pratsyuyut-yaki-perspektivi_2018-07-39/)
2. <https://futurum.today/kvantovyi-kompiuter-navishcho-vin-potriben/>
3. <https://phm.cuspu.edu.ua/nauka/naukovo-populiarni-publikatsii/1026-kvantovi-kompyutery-mriya-chy-realnist.html>



## БІОНІКА У ЖИТТІ ЛЮДИНИ.

студент Білий В. О., Печерська-Громадська К.Ю., доц. канд. ф-м. наук

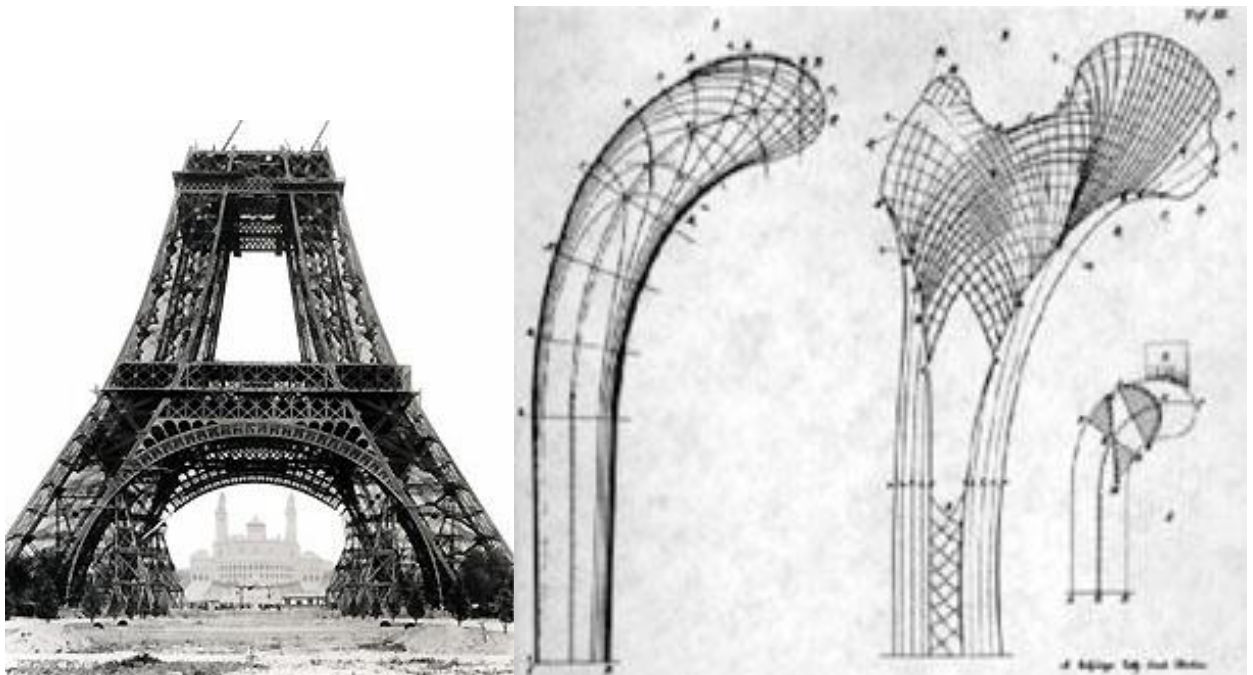
**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

В наш час біоніка стала надзвичайно затребуваною наукою. По-перше, основною метою даної науки є застосування властивостей, функцій і структур живої природи в технічних пристроях і системах. Іншими словами: «Навіщо придумувати щось своє якщо це вже зробила природа?». По-друге, великий інтерес до біоніки обумовлений, тим що це наука більш практичного спрямування, тобто метою цієї науки є побудова нових приладів або покращення вже існуючих.

Данна стаття не ставить перед собою ціль розповісти про «всю» біоніку, адже щоб охопити все й книжки навряд чи вистачить. Мета цього огляду зацікавити людей прекрасною і перспективною наукою, тому в даній статті буде мінімум формул та наукових термінів.

Дуже багато є прикладів застосування біоніки в архітектурі. Так одним з найбільш ранніх та очевидних прикладів цього є Ейфелева вежа. Конструкція цієї споруди заснована на науковій роботі швейцарського професора анатомії Хермана фон Мейера. Професор досліджував структуру голівки стегнової кістки в місці, де вона згинається і під кутом входить в суглоб, при цьому вона



чому не ламалася під вагою тіла. Згодом Фон Мейер виявив, що голівка кістки покрита мережею мініатюрних кісточок, що мали сувору геометричну структуру. Завдяки цьому навантаження перерозподіляється по кістці. У 1866 році швейцарський інженер Карл Кульман розробив теоретичну базу під відкриття фон Мейера, а через 20 років природний розподіл навантаження за допомогою кривих супортів був використаний Гюставом Ейфелем.

Першим сучасним архітектором, який працював в стилі біоніки, був А. Гауді. Його найпопулярнішими роботами є Дом Міла (ідеєю стала гора, яка завжди знаходиться в русі) та Будинок Бальо (автор надихався водяною стихією).



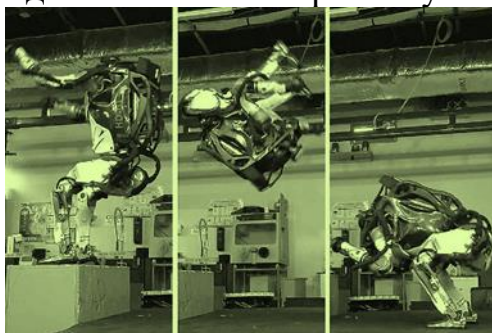
Дом Міла



Будинок Бальо

Дослідники Каліфорнійського університету в Берклі (США) створили робота X2-VelociRoACH довжиною 10,4 см і масою всього 54 м. За своєю будовою і зовнішнім виглядом він нагадує таргана. Робот переміщується дуже швидко (як для своїх розмірів) 17,7 км / год.

Також не менш вражаючими є гуманоїдо-подібні роботи. Чого вартий тільки Atlas, що є розробкою американської компанії Boston Dynamics. Він вмie бігати, ходити і піднімати досить важкий вантаж. Також компанія Boston Dynamics опублікувала відео, де Atlas зміг зробити сальто назад. На даний момент його називають одним із найбільш розвинутих роботів в світі.



Сальто назад в виконанні Атласа

### Перелік посилань:

1. <https://www.bbc.com/russian/av/media-42019607>
2. <https://znaj.ua/science/bionika-vyvede-medycynu-na-novyj-riven>
3. <https://www.osp.ru/pcworld/2015/11/13047401/>
4. <https://refdb.ru/look/2716291-pall.html>
5. <https://papamaster.su/sovremennye-primery-bioniki-v-arxitekture/>

УДК:53.06

## НАНОРОБОТИ У МЕДИЦИНІ

студент Колеснік О.С., Печерська Т.В., ст. викл., кафедра ЗФ та ФТТ

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Медицина стрімко розвивається і пропонує все нові шляхи збільшення тривалості життя людини. Одним з таких шляхів є нанороботи.

Що ж таке нанороботи? Перш ніж відповісти на це питання потрібно зрозуміти що таке нанотехнології. «Нанотехнології» - це технології оперують величинами в нанометра. Це мізерно малі величини, з розміром атомів [1]. Нанотехнології одночасно розвиваються за кількома напрямками. В останнє десятиліття особливе розвиток отримали нанороботи.

«Нанороботи» - це мікроскопічні пристрої, розміром з молекулу які можуть збирати, обробляти і передавати інформацію з тіла людини безпосередньо до лікаря. В ідеалі нанороботи повинні виявляти і ліквідувати запалення, шляхом доставки необхідних ліків в потрібну точку. Крім того, вони повинні вміти проводити операції на клітинному і навіть молекулярному рівні.

Що є зараз? За приблизними оцінками вчених, зайнятих в області наномедицини вже в найближче десятиліття варто очікувати появи повноцінних нанороботів [2]. Вже зараз створені перші прототипи їх окремих елементів.

Сьогодні вже застосовують такі розроблені вченими наночастинки:

1. Ліпосоми - це частинки нанорозмеров (0,1..100 нм) [12], покриті одним або декількома шарами ліпідів, подібних ліпідів біологічних мембран, які є безпечними і надійними транспортними системами для доставки препаратів до патологічного вогнища [3, 4, 5].

2. Емульсії - представляють собою частинки масла в водній фазі, які стабілізуються сурфактантами для підтримки розміру і форми, використовуються для підвищення ефективності та безпеки транспортування лікарських засобів.

3. Полімери - наночастинки полісахариду хітозану, які також можуть використовуватися як системи для доставки медикаментів до уражених органів. На сучасному етапі розвитку нанонауки розробляються водорозчинні полімерні наночастинки в комплексі з білком або молекулою препарату.

4. Керамічні наночастинки є неорганічними системами, які можуть застосовуватися в медичній практиці. Однак такі наночастинки мають істотний недолік - неможливість їх біотрансформації в біологічних рідинах організму.

Тому ці частинки можуть акумулюватися в організмі і призводити до непередбачуваних наслідків.

Розвиток: Оскільки нанороботи можна буде запрограмувати на будівництво будь-якої структури, зокрема, на будівництво іншого наноботи, вони будуть дуже дешевими [7,8,9]. Працюючи в великих групах, нанороботи зможуть створювати будь-які об'єкти з невеликими витратами, і високою точністю [5,6]. Нанороботи повинні освоїти проектування генома клітини, а також їх додавання або видалення. За допомогою нанотехнологій медицина зможе не тільки боротися з будь-якою хворобою, але і запобігати її появі, і навіть зможе допомагати адаптації людини в космосі [6]. Крім того, щоб вирішити проблему біосумісності нанороботів їх зовнішня оболонка буде хімічно інертною [2].

Все це стрімко розвиває наномедицину. «Наномедицина» - це медицина, що працює на молекулярному рівні, за допомогою нанороботів і наноструктур [2,10]. Сьогодні в наномедицину вкладаються мільярди доларів [11]. Їх розробкою і тестуванням займаються тисячі вчених по всьому світу.

Висновки: Таким чином, немає ні найменшого сумніву, що нанотехнологічні розробки займуть одне з провідних місць в медицині майбутнього. Однак, незважаючи на безліч труднощів, незабаром нанороботи увійдуть в наше життя, щоб зробити його здоровіше, довше і комфортніше.

#### **Перелік посилань:**

1. Игами М., Оказаки Т. Современное состояние сферы нанотехнологий: анализ патентов // Форсайт. — 2008.- № 3 (7). — с. 32-43.
2. Robert A. Freitas Jr. // Nanomedicine, Basic Capabilities. Landes Bioscience, Austin.— 1999.— V. 1. P.7-20. 5
3. Хромов О. С. Експериментальне обґрунтування застосування фосфати дилхолінових ліпосом у медицині / О. С. Хромов, А. І. Соловйов // Фармакологія і лікарська токсикологія. – 2008. – № 4(5). – С. 88–98.
4. Чекман І. С. Нанонаука: історичний аспект, перспективи наукових досліджень / І. С. Чекман // Український медичний часопис. – 2009. – № 3. – с. 19–21.
5. hofheinz r. d. liposomalencapsulatedanti-cancerdrugs / r. d hofheinz., s. u. Gnad-vogt, u. beyer [etal.] // Anticancerdrugs. – 2005. – vol. 16, № 7. – P. 691–707.
6. Игами М. Библиометрические индикаторы: исследования в области нанонауки // Форсайт. — 2008. — № 2. — с. 36-45.
7. Youtie J., Iacopetta M., Graham S. Assessing the nature of nanotechnology: can we uncover an emerging general purpose technology? // Journal of Technology Transfer.— 2008. — V. 33. — P. 315-329.

УДК 621.772.01

## УТИЛІЗАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ШИН КРІОАКУСТИЧНИМ МЕТОДОМ

<sup>1</sup>ліцеїст Коваленко Д.О., <sup>2</sup>зав. лаб. Козленко О.В., <sup>1</sup>викладач Співак О.А.

<sup>1</sup>Політехнічний ліцей КПІ ім. Ігоря Сікорського

<sup>2</sup>Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

В останні роки в багатьох країнах велика увага приділяється проблемі використання відходів виробництва і споживання, в тому числі зношених шин, які є одним з найбільш багатотоннажних полімерних відходів. У світі зараз переробляється лише 20% від щорічного об'єму зношених шин, це пов'язано з тим, що не існує ефективної та вигідної технології, яка б дозволила переробляти більше [1].

Метою роботи було, по-перше, розробити та запропонувати новий ефективний та екологічний метод переробки гумових відходів, по-друге, вдосконалити та підвищити економічний ефект нового методу переробки шин за допомогою використання низького тиску. Технологія використовує рідкий азот, ультразвук та магнітне поле, кожний з елементів має свою роль у переробці. Рідкий азот повинен звести до мінімуму або прибрати зовсім пружні властивості гуми, ультразвук має подрібнювати гуму через резонансні коливання, а магнітне поле – подрібнювати гуму через взаємодію з металевим кордом. В промисловості це виглядало б так: спочатку шини миють, щоб у кінці отримати чисту сировину, потім шини укладаються на решето-поверхню, яка знаходиться у теплоізолюваному резервуарі. Далі резервуар наповнюється рідким азотом та вмикаються ультразвукові випромінювачі та змінне магнітне поле. Процес обмежується часом, який залежить від потужності ультразвукових випромінювачів. Основним продуктом утилізації є гумова крихта, яка може використовуватися для виробництва асфальту, гумового покриття для спортивних майданчиків, покрівлі для дахів, підошви для взуття, спортивного

інвентарю та у нафтопромисловості. Утилізація шин даним методом дозволяє не тільки економити електроенергію, а також зберігати природні ресурси Землі.

Було проведено ряд експериментів. Кожний з них дав чіткі дані, які використовувалися для аналізу можливості використання запропонованої технології.

Наступним етапом експериментів було визначено найбільшу температуру, при якій гума залишається достатньо крихкою.

Далі було досліджено вплив низького тиску на гуму, яка знаходилася у твердому азоті.

За результатами проведених експериментів ми встановлено, що процес подрібнення залежить від: потужності ультразвуку, щільності гуми, температури гуми, часу дії ультразвуку та площі дії ультразвуку, тиску, при якому проходить процес.

Переваги даного методу – це невеликі затрати часу та енергії порівняно з наявними методами, невеликі витрати на азот, а також можливість вторинної переробки.

В результаті проведених досліджень встановлено, що за допомогою запропонованого ефективного процесу можлива переробка шин та гумових відходів, що дозволить звільнити території від звалищ, покращити стан довкілля та зберегти природні ресурси планети.

### **Перелік посилань:**

1. Березюк А. П. Проблема відпрацьованих автомобільних шин та їх переробка / А.П. Березюк //V-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2015), 23-26 вересня, 2015. Збірник наукових праць. – Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. – 184 с.

## ПЕРЕРОБКА ПОЛІМЕРНИХ ТА ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ТА РІДКОГО АЗОТУ

<sup>1</sup>Столярчук Є.О., <sup>2</sup>зав. лаб. Козленко О.В., <sup>1</sup>викладач Співак О.А.

<sup>1</sup>Політехнічний ліцей КПІ ім. Ігоря Сікорського

<sup>2</sup>Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

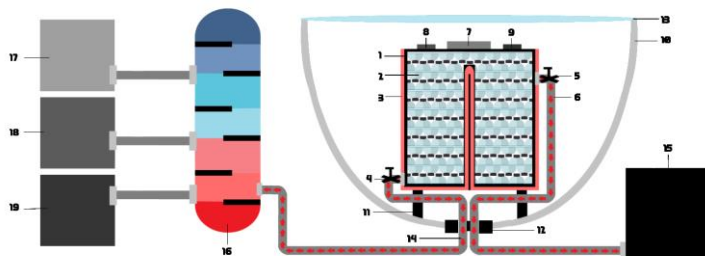
З розвитком науки та техніки, збільшення кількості населення з кожним роком все більше зростає кількість відходів, які становлять загрозу нашій планеті та нам самим, забруднюючи екологію. Самим поширеними методами переробки та утилізації є механічна переробка та спалювання. Але при цьому виділяється велика кількість шкідливих речовин. Механічна переробка (для полімерних відходів) є дуже енерговитратною та потребує чітких умов сортування. Тому метою роботи було удосконалення методу промислової переробки способом піролізного термічного розкладу у присутності кисню та без нього (знекиснення камери рідким азотом) [1].

Було проведено ряд експериментів. У подальшій реакції (при температурах та тисках піролізу) виступатиме інертним газом. У експериментах з полімерними відходами отримано наступні результати: 14,25 % - дизельного палива; 50,5% - чорного вуглецю 20% - природного газу; 12,7 % води та шкідливі речовини (канцерогени), які виділилися внаслідок початкової стадії горіння. При додаванні рідкого азоту було отримано близько 20 % - дизельного палива; 31 % - чорного вуглецю; 23 % - природного газу; 16 % води. З органічними відходами спостерігається так ж сама тенденція. Таким чином, при знекисненні середовища позбавляємося від виникнення шкідливих речовин – та збільшуємо відсоток корисних речовин (тобто й ККД) – таких як палива (дизелю та біопалива). За проведеними експериментами, було сформувано орієнтовну схему ефективної установки (Рисунок1). Проведені експерименти з нагріванням за допомогою різних видів сонячних колекторів підтвердили, що піроліз є енергонезалежним та проходить за допомогою сонячної енергії.

Застосування лінзи Френеля забезпечить більшу концентрацію сонячних променів та дозволить температурі витримуватися при тимчасовій відсутності надходження сонячної енергії. При додаванні лінзи Френеля на одиницю потужності (1 кВт/м<sup>2</sup>) отримаємо підвищення температури в 200 °С. Оскільки, в літню пору року теж є хмари, які можуть на деякий час закривати сонце, то ми пропонуємо розмістити лінзу Френеля на поверхні колектору, таким чином забезпечивши більш рівномірне нагрівання, оскільки, концентрація променів



відбуватиметься не лише на бічних стінках піролізної камери. Та за рахунок парникового ефекту, при тимчасовому закритті сонця, температура не буде моментально понижуватися. Також, лінза та мідна оболонка необхідні для рівномірного нагріву та плавного проходження реакції.



- 1 – піролізна камера; 2 – відходи; 3 – мідна оболонка; 4 та 5 - вентиля; 6 та 14 – гнучкі труби; 7 - кришка; 8 – датчик температури; 9 – датчик тиску; 10 – сферичний сонячний концентратор; 11 - основи; 12 – герметичне закріплення; 13 – лінза Френеля; 15 – контейнер для збору газу; 16 – ректифікаційна колона ; 17 – контейнер для води; 18 – контейнер для палива; 19 – контейнер для маслянистої речовини.

Рисунок 1 – Розроблена технологія

Підготовка сировини для процесу відбуватиметься так: відходи проходять через механічний шнек, який теж працює на сонячній енергії; далі додаємо рідкий азот, який витискає кисень з піролізної камери. Таким чином ми зможемо вирішити проблему зі знекисненням середовища та зробити спосіб піролізу повністю екологічним. Так ми вирішуємо проблему з початковою стадією – горіння, що притаманна багатьом установкам. Окрім того, на промисловості застосовують пресування. При цьому витрачають велику кількість енергії (вартість якої набагато більша вартості необхідної кількості азоту) та все одно залишається малий відсоток кисню. Тому запропонований метод знекиснення є великим вдосконаленням до існуючих на даний час технологій.

Створена установка є мобільною, тому може широко застосовуватися та легко трансформуватися у необхідне місце, що дозволить переробляти відходи поступово на будь-яких звалищах. Це є особливо актуальним для невеликих сміттєвих скупчень у лісах та селах.

### Перелік посилань:

1. Буркинський Б. В. Екологічно чисте виробництво : наукові засади впровадження та розвитку / Б. Буркинський // Вісник Національної академії наук України, 2006. - № 5. - 11-17 с.



УДК: 53.06

## ВИКОРИСТАННЯ ЕФЕКТІВ ПЕЛЕТ'Є ТА ЗЕСБЕКА В ЯКОСТІ МАЙБУТНІХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

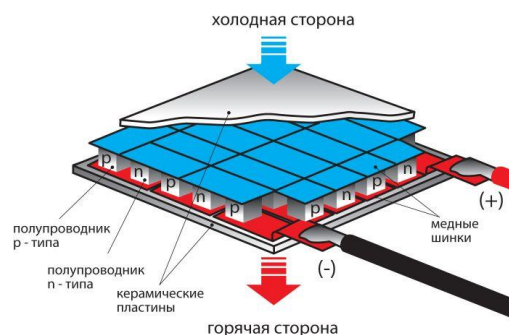
студент Тихоненко А.В., к.ф.-м.н, доц., Печерська- Громадська К.Ю.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Основний напрям альтернативної енергетики є пошук нових джерел енергії. Одним з таких джерел стали п'єзоелементи, які крім того, що стали використовуватись у повсякденному житті, довели свою практичність, тим, що можуть використовувати дуже малі джерела кінетичної енергії, зокрема тепла людського тіла.

Елементами Пелет'є називаються спеціальні термоелектричні перетворювачі, які працюють за принципом Пелет'є. Цей принцип базується на створенні різниці температур у зразку при підключенні електричного струму. Дану інновацію винайшов французький вчений але в своєму столітті дане явище не набуло ніякого використання. Лише два століття потому винайшли велику кількість електроніки яка нагрівалась, що погано позначалося на роботі структур мікросхем. Тому в наш час згадали про ефект Пелет'є, що допомагає вирішити головну проблему всіх комп'ютерів та електросхем – перегрів[1]. На сьогоднішній день термоелектричні перетворювачі створюються у вигляді мініатюрних пристроїв (40×40×4мм).



1-керамічний ізолятор, 2-провідник n- типу, 3-провідний p-типу,  
4-мідний провідник;

Рисунок1 – Використання термоелектричного перетворювача

Даного пристрої вистачає, щоб охолоджувати невеликі холодильники або, при використанні ефекта Зеебека виробляти до 5 В завдяки температурі тіла людини. Але такий прилад має істотний мінус – малий ККД.

Теоретичні та експериментальні роботи виконані А.Ф. Йоффе, у 1950-ті рока поклали початку розвитку фізики ТЕ явищ. Протягом минулих десятиліть почалося використання широко спектру пристроїв – портативних холодильних камер та технологій які застосовують космічні станції для здобуття енергії у космосі. Розвиток не обминув і елементи Пелет'є. Дана структура крім свого першочергового використання знайшла своє нове життя і як генератор струму. Так званий ефект Зеебека, полягає у тому, що створюється електрична напруги в ланцюзі з послідовно з'єднаних неоднорідних металах, контакти між якими мають різну температуру .

Електронні потоки в ТЕ охолоджувачі зображені на Рис.2 :

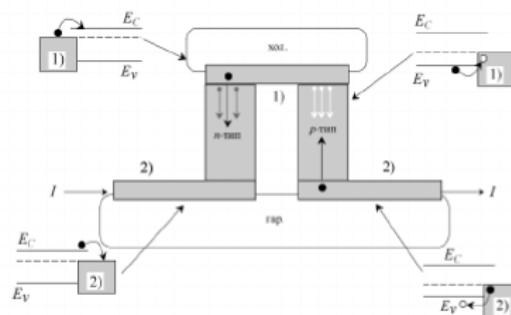


Рисунок 2 – Рух електронів у ТЕ охолоджувачі

У n-області ліворуч електрони рухаються згори від охолоджуваної перемички вниз до контакту, який нагрівається ( і через який струм подається в охолоджувач). В р-області праворуч електрони рухаються знизу від контакту вгору до охолоджуваної перемички. Діаграми зонної структури показують, як саме потрібно розуміти ефект охолодження Пелет'є через рух електронів.

Наприклад, згори ліворуч електрон, залишаючи металеву перемичку, щоб перейти в зону провідності n-напівпровідника, поглинає тепло з перемички. Згори ліворуч електрон рухається вгору у валентній зоні р-напівпровідника, поглинаючи при цьому енергію, щоб заповнити собою порожній стан поблизу поверхні металевої перемички. Внизу ліворуч тепло, забране електроном з металевої перемички, віддається в лівий контакт при переході в нього електрона з зони провідності n-напівпровідника. Внизу

праворуч електрон при переході з металевого контакту в р-напівпровідник також віддає тепло, знижуючи свою енергію, щоб заповнити порожній стан у валентній зоні р-напівпровідника[2].

Отже, ці переходи на межі n- і р-напівпровідників з металом пропускають через потоки електронів, що й дає можливість виробляти електричну енергію.

Так званому елементу Пелет'є достатньо людського тепла, щоб акумулювати його в достатню кількість напруги для підключення світлодіодного ліхтаря. Що немало важливо дана технологія не є закінченою. Плавним продовженням стало винайдення так званого спінового ефекту Зеебека.

Нові джерела енергії починають набувати все більшої популярності. Розвиток ТЕ генераторів може стати дуже хорошою альтернативою при використанні їх у побутових пристроях, а у майбутньому - має потенціал замінити більшість діючих джерел енергії. Проте поки дане питання не є настільки дослідженим важливою задачею є поширення та вивчення даних ефектів, а в подальшому й удосконалення нині існуючих технологій шляхом усунення недоліків та підвищенням ККД.

#### **Перелік посилань:**

1. . Yu. O. Kruhlyak, M. V. Strikha, Uzahal'neni model' elektronnoho transportu v mikro- i nanoelektronitsi, Sensor. elektr. mikrosyst. tekhn., Vol. 12, No 3, 4-27 (2015).
2. Yu. O. Kruhlyak, N. Yu. Kruhlyak, M. V. Strikha, Uroky nanoelektroniky: Vynyknennya strumu, formulyuvannya zakonu Oma i mody providnosti v kontseptsii «znyzu – vhoru», Sensor. elektr. mikrosyst. tekhn. Vol. 9, No 4, 5 – 29 (2012).
3. K. Uchida, S. Takahashi, K. Harii, J. Ieda, W. Koshihara, K. Ando, S. Maekawa, E. Saitoh. Observation of the spin Seebeck effect // Nature. 2008. V. 455. P. 778-781; doi:10.1038/nature07321

УДК:53.06

## МЕТАМАТЕРІАЛИ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ У ВІЙСЬКОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

студент Щоголь А.О., доц., к.ф.-м. н. Печерська-Громадська К.Ю.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

З кожним роком зростає попит на метаматеріали, що цілком логічно, враховуючи можливість їх використання в різних технологіях

Метаматеріали – це матеріали, що створені штучним методом і мають властивості непритаманні іншим матеріалам у природі.

Перша робота в напрямку метаматеріалів належить Дж.Ч.Бозе. Він провів мікрохвильовий експеримент по дослідженню поляризаційних властивостей створених ним структур викривленої конфігурації[1].

Найбільшу зацікавленість у розвитку та використанні метаматеріалів проявляють військові членів країн НАТО. За допомогою метаматеріалів стало можливим повне маскуванню техніки та солдатів.

Першим про можливість створення від'ємного заломлення світлових хвиль висловився радянський вчений Л. І. Мандельштамце на початку 1940-х років[2]. Він описав поведінку світла та при яких умовах можливе від'ємне заломлення.

Також з часом[3] було проведено дослідження залежності сумарної ефективності поверхневого розсіювання (ЕПР) від форми об'єкту, та описано процеси [4] поведінки світлових хвиль, на основі рівняння Максвелла, законі Снеліуса та Панчаратнама-Беррі, при їх попаданні на поверхні з метаматеріалів.

У вересні 2011-го року шведська компанія ВАЕ Systems розповіла про розробку свого камуфляжу, який дозволяв маскувати військову техніку (наприклад танк) під оточуюче середовище. У відео було наглядно показано, як на радарях танк став відображатися як звичайний автомобіль. Це зроблено за рахунок регуляції температурного фону танка[5].

Була заявлено у вересні 2018-го року російський літак СУ-35, що був оснащений «новою розробкою на основі метаматеріалів» незаметно «підкрався» до американського винищувача F-22.

Також у статті журналу Science Advances «Field responsive mechanical metamaterials» [6] розповідається про створення метаматеріалу, що знаходиться у гнучкому стані, але під дією електромагнітного поля здатен затвердівати.

Можливо, що даний матеріал у майбутньому стануть використовувати для створення бронезилетів для солдатів.

Схожу ідею висловив Сяюй Чжен (викладач Вірджинського Політехнічного університету) для науково-популярного сайту Phys.org [7]. Він та його команда працюють над можливістю друкувати вироби з метаматеріалів на 3D-принтерах. Попередньо буде можливість задавати певні фізичні властивості для майбутнього виробу.

Отже, у сучасний час метаматеріали набувають всебільшого поширення у військових технологіях. Оскільки темпи їх розвитку дуже швидкі, важко передбачити наступний етап і те що нас очікує в майбутньому. Але зрозуміло одне: в метаматеріалів зараз є величезні перспективи, як у парових двигунів у свій час.

### **Перелік посилань:**

1. Слюсар, Вадим. Метаматериалы в антенной технике: основные принципы и результаты // Первая миля. Last Mile (Приложение к журналу «Электроника: Наука, Технология, Бизнес»). — 2010. — № 3-4. — С. 44–60.
2. Агранович В М, Гартштейн Ю Н «Пространственная дисперсия и отрицательное преломление света» УФН 176 1051–1068 (2006)
3. Будагян И.Ф., Кондратьев А.А.: “Моделирование процессов электромагнитной маскировки объектов радиолокации при применении метаматериалов”
4. Ремнев М. А., Климов В.В. «Метаповерхности: новый взгляд на уравнения Максвелла и новые методы управления светом» УФН 188 169–205 (2018)
5. <https://www.baesystems.com/en/feature/adaptive-cloak-of-invisibility>
6. Science Advances: «Field responsive mechanical metamaterials»  
Julie A. Jackson, Mark C. Messner, Nikola A. Dudukovic, William L. Smith, Logan Bekker, Bryan Moran, Alexandra M. Golobic, Andrew J. Pascall, Eric B. Duoss, Kenneth J. Loh, and Christopher M. Spadaccini. Science Advances 07 Dec 2018:
7. Phys.org: “Researcher creates 3-D printed multimaterial with programmed stiffness”.

## СЕКЦІЯ 1

### «ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ І НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ»

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННОГО АПАРАТУ ГЕНЕРАЦІЇ ПАРИ З U – ПОДІБНИМИ ТРУБАМИ	4
Бараш Р.В., Двойнос Я.Г.	
ВДОСКОНАЛЕННЯ КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМІННИДЛЯ ОТРИМАННЯ БЕНЗИНУ	6
Гавриленко Є.В., Сачок Р.В.	
ДЕСОРБЕР - РЕГЕНЕРАТОР СОРБЕНТУ В СХЕМІ ОЧИСТКИ СИНТЕЗ- ГАЗУ	8
Євзютін П.Ю., Двойнос Я.Г.	
АБСОРБЕР - В СХЕМІ ОЧИСТКИ СИНТЕЗ-ГАЗУ	10
Італьянцев О. І., Двойнос Я. Г.	
НАСАДКОВИЙ МАСООБМІННИЙ АПАРАТ	12
Камінський В. С., Гулієнко С.В.	
КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛООБМІННИК З ТЕПЛОІЗОЛЬОВАНИМ ТРУБНИМ ПРОСТОРОМ	14
Коваль В. О., Андреев І. А.	
ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ЕТИЛОВОГО СПИРТУ	16
Крамар О. В., Яцюк І. О., Андреев І.А.	
КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛООБМІННИК З ПЛАВАЮЧОЮ ГОЛОВКОЮ	18
Кузнецова А. Д., Гулієнко С. В.	
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТУНЕЛЬНОЇ КОВПАЧКОВОЇ ТАРІЛКИ МАСООБМІННОГО АПАРАТУ	20
Рудницький Б.А., Двойнос Я.Г.	
ТАРІЛКА МАСООБМІННОГО АПАРАТА	22
Стеблецький І.М., Андреев І.А.	
ВИПАРНИЙ АПАРАТ	24
Терещенко І.Ю., Гулієнко С.В.	
МОДЕРНІЗАЦІЯ КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМІННИКА У СХЕМІ ОЧИЩЕННЯ МЕТИЛОВОГО СПИРТУ-СИРЦЮ	26
Шахунов М.О., Гулієнко С. В.	
ВІДЦЕНТРОВИЙ НАСОС	28
Кромбет М.О., Печерний Д.В., Литвин О.В., Степанюк А.Р.	
ПОРШНЕВИЙ НАСОС	29
Ясеньчук В.В., Самелюк О.В., Степанюк А.Р.	
ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ ПЕРЕХІДНИХ ДІЛЯНОК МОСТОВИХ СПОРУД	30
Рубльов А.В.	
МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВІСБРЕКІГУ З РОЗРОБКОЮ	

АПАРАТУ ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ Турчанінов Д.О., Гулієнко С. В.	31
<b>СЕКЦІЯ 2</b>	
<b>«ОБЛАДНАННЯ ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ»</b>	
ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ НАПІРНОГО ЯЩИКА КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ Бондарь О.Р., Гробовенко Я.В.	34
МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЕРШОГО ПРЕСУ КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ Бугаєць Д.В., Марчевський В.М.	36
МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЕРИФЕРИЧНОГО НАКАТУ Вакульчук В. В.,Новохат О. А.	38
ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ЗНЕВОДНЕННЯ КАРТОННОГО ПОЛОТНА ПІД ЧАС ПРЕСУВАННЯ Войтюк В.О., ,Новохат О.А.	40
ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ДРУГОГО ПРЕСУ КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ Галайковський А.О., Гробовенко Я.В.	42
МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРЕСУ КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ Гламазда Д. О., Марчевський В. М.	44
МОДЕРНІЗАЦІЯ СУШИЛЬНОЇ ГРУПИ КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ Грицюк Г. І., ,Новохат О.А.	46
ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ КЛЕЮ ПІД ЧАС ПРОКЛЕЮВАННЯ ПАПЕРУ ТА КАРТОНУ Запорожець О.В., Новохат О.А.	48
МОДЕРНІЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ ЧАСТИНИ КРМ І ПРМ Коваленко С. П., Марчевський В. М.	50
МОДЕРНІЗАЦІЯ КАЛАНДРА КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ Кошурніков М.Ю., Гробовенко Я. В.	52
КОНСТРУКЦІЯ ФОРМУЮЧОГО ПРИСТРОЮ ПАПЕРОРІБНОЇ МАШИНИ Курмишев О.С., Гробовенко Я.В.	54
МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЕРШОГО ГАРЯЧОГО ПРЕСУ ПАПЕРОРІБНОЇ МАШИНИ Лисій В.С., Гробовенко Я.В.	56
ІНТЕНСИФІКАЦІЯ СУШІННЯ ПАПЕРОВОГО ПОЛОТНА Міліціян О.А., Новохат О.А.	58
МОДЕРНІЗАЦІЯ МЕХАНІЗМУ ПРИТИСКАННЯ НАКАТУ ПАПЕРОРІБНОЇ МАШИНИ Ніколаєв В.О., Марчевський В.М.	60
КОНСТРУКЦІЯ ГАРЯЧОГО ПРЕСУ ПРМ Пінчук Ю.А., Марчевський В.М.	62

---

ХОЛОДИЛЬНА ЧАСТИНА КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ Холод І.І., Гробовенко Я.В.	64
<b>СЕКЦІЯ 3</b>	
<b>«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА»</b>	
ВИЗНАЧЕННЯ ПРОЕКЦІЙ ШВИДКОСТІ ТА ПРИСКОРЕННЯ ТОЧКИ В ЦИЛІНДРИЧНІЙ СИСТЕМІ КООРДИНАТ Заболотна Н. В., Штефан Н. І.	67
ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ТА ПРИСКОРЕННЯ ТОЧКИ У КРИВОЛІНІЙНИХ КООРДИНАТАХ Іванов Д.В., Штефан Н.І.	68
ПОБУДОВА МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ, ЯКІ Є АНАЛОГАМИ ЕЛЕКТРИЧНИХ Кот А.С., Штефан Н.І.	69
УМОВА НЕВАГОМОСТІ Нікулічев Д. В., Штефан Н. І.	70
УМОВА СТІЙКОСТІ ОБЕРТАННЯ ТВЕРДОГО ТІЛА НАВКОЛО ГОЛОВНИХ ОСЕЙ ІНЕРЦІЇ Черниш І.С., Штефан Н. І.	71
СТАТИЧНА СТІЙКІСЬ ПОЛОЖЕННЯ РІВНОВАГИ ТВЕРДОГО ТІЛА Чернов С. В., Штефан Н. І.	72
ВРАХУВАННЯ ДОБОВОГО ОБЕРТАННЯ ЗЕМЛІ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ПРИСКОРЕННЯ ЛІТАКА Чорна В.О., Штефан Н.І.	73
ПЕРЕХІД ВІД РУХОМОЇ ДО НЕРУХОМОЇ СИСТЕМИ КООРДИНАТ Литвин О.В., Штефан Н.І.	74
КОЕФІЦІЄНТ ДИНАМІЧНОСТІ Печерний Д.В., Штефан Н.І.	75
ДИНАМІЧНІ РІВНЯННЯ РУХУ МАТЕРІАЛЬНОЇ ТОЧКИ ЗА НЕСТАЦІОНАРНОЇ В'ЯЗІ Трачук Є.В., Штефан Н.І.	76
МЕХАНІЧНИЙ ЗМІСТ ПЕРЕНОСНИХ КІНЕМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК Кромбет М.О., Штефан Н.І.	77
<b>СЕКЦІЯ 4</b>	
<b>«ДЕТАЛІ МАШИН»</b>	
ЗМАЩУВАННЯ СФЕРИЧНИХ РОЛИКОВИХ ПІДШИПНИКІВ Айтубаєв І.І., Супруненко М.І., доц. Скуратовський А.К.	79
УПОРНІ РОЛИКОВІ ПІДШИПНИКИ Ковальов Р.В., Хоменко М.В., доц. Скуратовський А.К.	80
СФЕРИЧНІ РОЛИКОВІ ПІДШИПНИКИ Полякова В.І., Подвенцова Д.Д., доц. Скуратовський А.К.	81



ЕКСЦЕНТРИКОВІ РОЛИКОВІ ПІДШИПНИКИ Поліщук Д.М., Сацердотов О.О. , доц. Скуратовський А.К.	82
ТИПОВІ ПОШКОДЖЕННЯ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ Калиновський А.С., Шарипов Я.М. , доц. Скуратовський А.К.	83
МАСТИЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ПІДШИПНИКІВ Шашков В.О., Данчишен І.А., Скуратовський А.К.	84
<b>СЕКЦІЯ 5</b> <b>«ФІЗИКА»</b>	85
ІСТОРІЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ КВАНТОВИХ КОМП'ЮТЕРІВ Бассак А.О., Заборіна В.Д., Печерська Т.В	86
БІОНІКА У ЖИТТІ ЛЮДИНИ. Білий В. О., Печерська-Громадська К.Ю.	87
НАНОРОБОТИ У МЕДИЦИНІ Колеснік О.С., Печерська Т.В.	89
УТИЛІЗАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ШИН КРІОАКУСТИЧНИМ МЕТОДОМ Коваленко Д.О., Козленко О.В., Співак О.А.	93
ПЕРЕРОБКА ПОЛІМЕРНИХ ТА ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ТА РІДКОГО АЗОТУ Столярчук Є.О., Козленко О.В., Співак О.А.	95
ВИКОРИСТАННЯ ЕФЕКТИВ ПЕЛЕТ'Є ТА ЗЕСБЕВ ЯКОСТІ МАЙБУТНІХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ Тихоненко А.В., Печерська- Громадська К.Ю.	97
МЕТАМАТЕРІАЛИ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ У ВІЙСЬКОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ Щоголь А.О., Печерська-Громадська К.Ю.	100

**Підписано до друку 19.04.2019 р. Формат 60x90 1/16.  
Папір офсетний. Умовн. др. арк. 4,4  
Друк різнограф. Тираж 200 прим. Зам. № 1904/03.**

---

**Надруковано ФОП Гузік О.М.  
Податковий номер №2705814113  
м. Київ, вул. Б. Гаврилишина, 16  
Тел.: 338-16-61.**